

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a**  
**informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

Úsporné žárovky a zářivky – experimentální zjišťování vlivu na  
napájecí síť

Saving light bulbs and fluorescent tubes – experimental analyze  
of the influence on supply network

### **Prohlášení:**

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne 27. 4. 20011

.....

Jiří Vodný

### **Poděkování:**

Chtěl bych na tomto místě poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Martinovi Markovi, Ph.D. a konzultantovi bakalářské práce Ing. Alešovi Folvarčnému za odbornou pomoc, cenné rady a připomínky při vypracovávání této bakalářské práce.

Zároveň bych rád poděkoval katedře elektroenergetiky, která mi umožnila zrealizovat potřebná měření v jejích laboratořích.

## **Abstrakt:**

Cílem mé bakalářské práce je experimentálně zjistit vliv vybraných typů úsporných žárovek na napájecí síť při různých velikostech napájecího napětí.

Teoretická část této práce se zabývá rozbořem světelných zdrojů, jejich základními vlastnostmi a rozdělením podle vzniku světelného záření.

Druhá část teoretického rozboru popisuje současný sortiment vybraných výrobců úsporných žárovek a zářivek na našem trhu. Seznamuje čtenáře s jednotlivými řadami výrobků a s jejich nejdůležitějšími vlastnostmi. Jsou zde také vybrány a označeny typové výrobky úsporných světelných zdrojů použitých pro měření.

Experimentální část bakalářské práce se zabývá přípravou a realizací měřicího pracoviště pro zjišťování vlivu úsporných žárovek na napájecí síť, dále pak vlastním měřením a zpracováváním naměřených dat.

Závěr se věnuje zhodnocení naměřených výsledků.

## **Klíčová slova:**

Světelný zdroj; klasická žárovka; halogenová žárovka; úsporná žárovka; zářivka; indukční výbojka; vysokotlaká sodíková výbojka; nízkotlaká sodíková výbojka; vysokotlaká rtuťová výbojka; LED

## **Abstract:**

The aim of my baccalaureate work is to find out experimentally an influence of choice types of the economic lightbulbs on supply network at different sizes of a feeding tension.

The theoretic part of this work deals with an analysis of the luminous sources, their basic features and fission according to the rise of luminous radiation.

The next part of the theoretic analysis describes a contemporary assortment of choice producers of economic lightbulbs and fluorescent tubes on our market. The readers are informed of great numbers of products and the most important features the products have. The type products of the energy saving light sources used for metering are chosen and marked there as well.

The experimental part of the baccalaureate work deals with a preparation and realization of the gauging workplace for a recognition of an influence of economic lightbulbs, then it deals with the own metering and processing.

The final part is devoted to the estimation of the measured results.

## **Key words:**

Light source; incandescent bulbs; halogen bulb; saving light; fluorescent tubes; induction lamp; high pressure sodium lamps; low pressure sodium lamps; high pressure mercury lamp; LED

## Seznam použitých symbolů a značek

Symbol	Název	Jednotka
$C_2$	kondenzátor	[F]
$C_3$	kondenzátor	[F]
$I$	proud	[A]
$L_1$	indukčnost	[H]
$P$	příkon světelného zdroje	[W]
$R$	odpor	[ $\Omega$ ]
$R_a$	teplota chromatičnosti	[-]
$T$	teplota	[°C]
$T_c$	index podání barev	[K]
$Q$	tranzistor	[-]
$U$	napětí	[V]
$f$	frekvence	[Hz]
$t$	čas	[s]
$\eta$	měrný výkon	[lm/W]
$\lambda$	vlnová délka	[nm]
$\phi$	světelný tok	[lm]

## Obsah:

<b>1. Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Světelné zdroje .....</b>	<b>2</b>
2.1. Vlastnosti světelných zdrojů .....	3
2.2. Značení světelných zdrojů.....	4
2.3. Teplotní světelné zdroje.....	5
2.3.1. Klasické žárovky .....	6
2.3.2. Halogenové žárovky .....	6
2.4. Výbojové světelné zdroje.....	7
2.4.1. Lineární zářivky .....	8
2.4.1.1. Připojení zářivky na napájecí síť.....	9
2.4.1.2. Konstrukce zářivky .....	9
2.4.1.3. Vznik viditelného záření .....	10
2.4.2. Úsporné žárovky .....	10
2.4.2.1. Úsporné žárovky s integrovaným elektronickým předřadníkem ....	11
2.4.2.2. Úsporné žárovky se zabudovaným indukčním zapalovačem .....	12
2.4.3. Indukční výbojky .....	13
2.4.4. Sodíkové výbojky.....	13
2.4.5. Vysokotlaké rtuťové výbojky .....	15
2.5. LED.....	17
<b>3. Výrobci světelných zdrojů .....</b>	<b>18</b>
3.1. Osram.....	18
3.1.1. Úsporné žárovky .....	18
3.1.2. Lineární zářivky .....	19
3.2. Philips.....	21
3.2.1. Úsporné žárovky .....	21
3.2.2. Lineární zářivky .....	22
3.3. General Electric.....	23
3.3.1. Úsporné žárovky .....	24
3.3.2. Lineární zářivky .....	25
3.4. Megaman.....	27
3.4.1. Úsporné žárovky .....	27
3.5. Landlite.....	28
3.5.1. Úsporné žárovky .....	29
3.6. Phlight.....	30
3.6.1. Úsporné žárovky .....	30

<b>4. Experimentální část – měření .....</b>	<b>31</b>
4.1. Popis měřených žárovek.....	31
4.2. Popis měřicího pracoviště.....	32
4.3. Vlastní měření.....	33
4.4. Teoretický rozbor.....	33
4.5. Naměřené hodnoty.....	34
<b>5. Závěr .....</b>	<b>51</b>
<b>6. Seznam použité literatury .....</b>	<b>53</b>
<b>Seznam příloh .....</b>	<b>54</b>

## 1. Úvod

Současný vývoj v oblasti světelné techniky jde velmi rychle kupředu. Je tedy kladen stále větší důraz na používání účinnějších a energeticky úspornějších světelných zdrojů.

Mezi tyto nové světelné zdroje patří i úsporné žárovky, které díky dlouhé životnosti a dobré účinnosti nahrazují doposud nejpoužívanější klasické žárovky. Mají tedy dobré vlastnosti, ale obsahují složitější zařízení, která v důsledku ovlivňují kvalitu elektrické energie.

Z důvodu velkého rozmachu úsporných žárovek se tato bakalářská práce zabývá jejich vlivem na napájecí síť a tedy i vlivem na kvalitu elektrické energie.

Bakalářská práce se dělí na čtyři hlavní části:

a) Teoretická část:

Řeší obecnou problematiku světelných zdrojů. Popisuje jejich základní vlastnosti a vysvětluje vznik světelného záření v jednotlivých typech žárovek, výbojek a LED. Důraz je v této práci kladen především na výbojové světelné zdroje z důvodu jejich následného měření. Kromě jejich konstrukce a vlastností je zde podrobněji popsáno i jejich připojení na napájecí síť, spolu s konstrukcí předřadníku.

b) Výrobci současných úsporných žárovek a zářivek:

V následné teoretické části se práce zabývá výrobci světelných zdrojů. Nejprve popisuje historii a současný trend dané společnosti, dále pak řeší řady úsporných žárovek s integrovanými předřadníky a lineární zářivky, které firma vyrábí. U každé řady jsou pak uvedeny nejdůležitější vlastnosti, podle kterých by si měl spotřebitel světelný zdroj vybírat. Typy úsporných žárovek, které budou měřeny, jsou v přehledných tabulkách zvýrazněny.

c) Experimentální zjišťování parametrů elektrické energie

Popisuje návrh, přípravu a realizaci měřicího pracoviště pro experimentální měření vlivu úsporných žárovek na napájecí síť. Dále jsou zde uvedeny údaje o jednotlivých měřených žárovkách a jejich technické parametry, spolu s naměřenými hodnotami ve formě tabulek a grafů.

d) Závěr

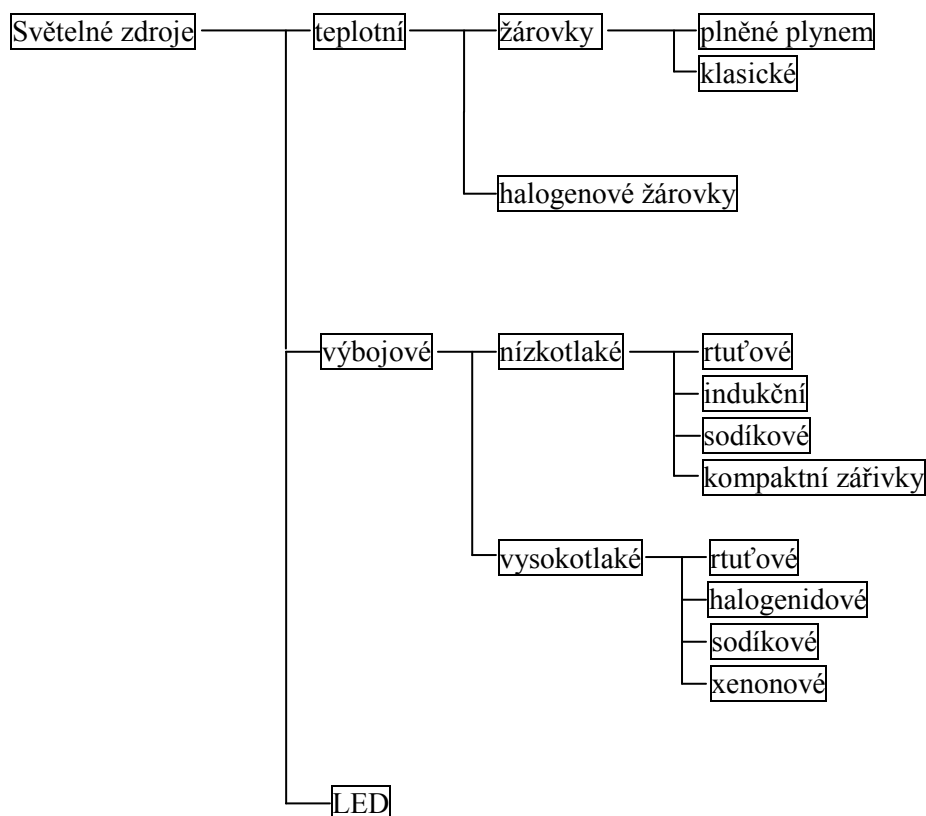
Hodnotí výsledky časového průběhu proudu a napětí v měřeném obvodu.



## 2. Světelné zdroje

Základní funkcí světelného zdroje je vznik viditelného záření (světla). Toto záření má v elektromagnetickém spektru vlnovou délku mezi 360nm až 830nm. Podle způsobu vzniku záření dělíme světelné zdroje na přírodní nebo umělé. Mezi přírodní světelné zdroje patří především slunce. Umělé světelné zdroje jsou takové, které vytvořil svou činností člověk.

Ke vzniku viditelného záření v umělém světelném zdroji dochází přeměnou jednoho druhu energie v jiný druh energie. Je to především změna elektrické energie na světelnou a podle způsobu, jak k této přeměně dochází, můžeme rozlišovat zdroje teplotní, výbojové a LED. Tyto světelné zdroje se ještě dále dělí podle různých vlastností, použitých materiálů a konstrukčního uspořádání, jak vidíme na obr. 1.[1]



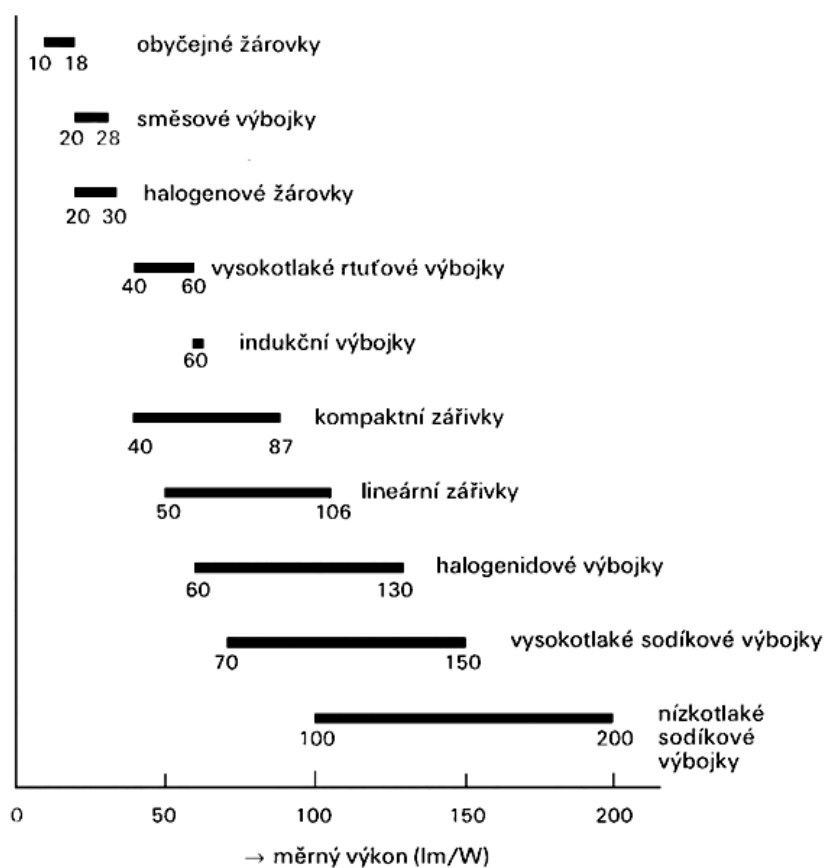
Obr. 1: Základní rozdělení umělých světelných zdrojů

## 2.1. Vlastnosti světelných zdrojů

Vlastnosti světelných zdrojů můžeme rozdělit na technické a provozní. U technických vlastností nás zajímá především konstrukce, životnost, druh záření a elektrický režim.

U konstrukce světelných zdrojů je důležitá jejich velikost, hmotnost a tvar, spolu s tvarem patice. Tyto rozměry určují, do jakého svítidla je můžeme nainstalovat.

Životnost udává období, kdy tento světelný zdroj přestane splňovat své, výrobcem garantované, technické parametry (světelný tok). Ke změnám parametrů dochází z důvodu procesů probíhajících uvnitř světelných zdrojů. Tyto procesy postupně zhoršují parametry a snižují jeho životnost. Životnost můžeme dále podrobněji dělit na užitečnou a fyzickou. Užitečná životnost je období, kdy jsou parametry v určitých stanovených mezích. U zářivek je to 70% světelného toku. Fyzická životnost nám udává dobu, během níž je světelný zdroj provozuschopný. U žárovek to bývá období, dokud se nepřepálí vlákno, u zářivek zase doba, kdy už není schopna zažehnout výboj.



Obr. 2: Měrný výkon světelných zdrojů [1]

1. obyčejné žárovky, 2. směšové výbojky 2. halogenové žárovky, 4. vysokotlaké rtuťové výbojky
5. indukční výbojky, 6. lineární zářivky a kompaktní zářivky, 7. halogenidové výbojky, 8. vysokotlaké sodíkové výbojky, 9. nízkotlaké sodíkové výbojky

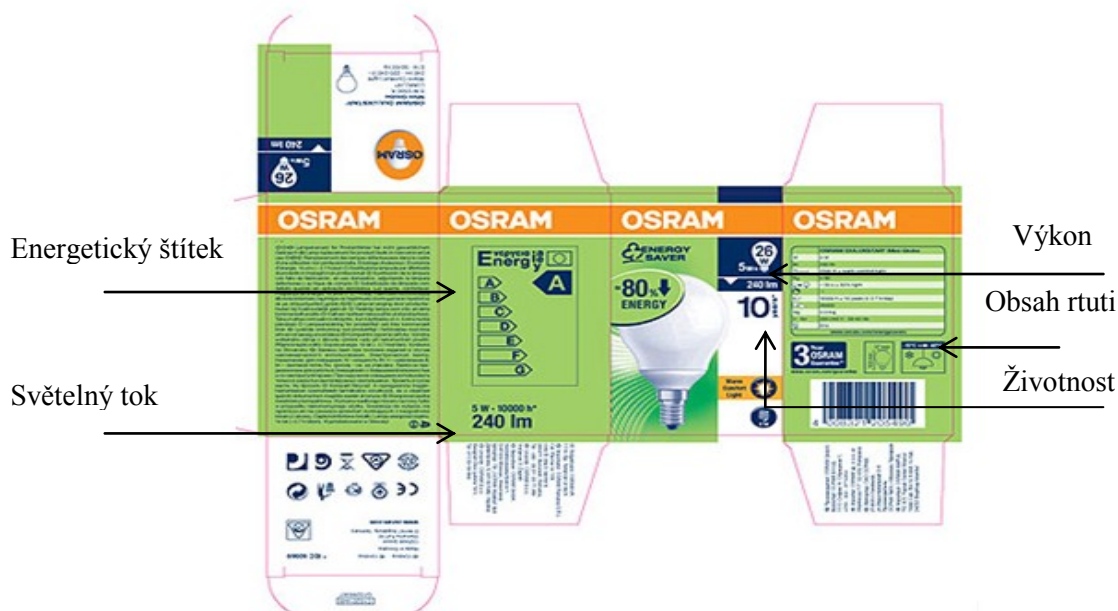
Další technickou vlastností je záření. Záření je vysílání energie ve formě elektromagnetických vln nebo hmotných částic (fotonů). Jednotlivá záření se dělí podle frekvence  $\nu$  (Hz) a vlnové délky ( $\lambda$ ). Uspořádáme-li je podle těchto parametrů, získáme elektromagnetické spektrum záření. Pro člověka je nejdůležitější částí viditelné záření, které dokáže vnímat svým zrakovým orgánem a slouží mu k získávání a přenosu informací o prostředí. Kromě spektra elektromagnetického záření jsou ještě důležitými světelnými parametry světelný tok, svítivost, prostorové rozložení a kolorimetrické vlastnosti. Kolorimetrické vlastnosti se nachází v katalogích jako teplota chromatičnosti ( $T_c$ ) a indexu podání barev ( $R_a$ ).

Poslední z technických vlastností je elektrický režim. Elektrický režim udává velikost a druh proudu spolu s velikostí napájecího napětí, které je potřebné ke vzniku záření ve světelných zdrojích.

Hlavní provozní vlastností světelného zdroje je měrný výkon (lm/W). Měrný výkon je podíl světelného toku (lm) a příkonu (W) a udává jak je světelný zdroj účinný, tedy jak efektivně dokáže přeměňovat elektrickou energii na energii světelnou. V katalogu jsou uvedeny vždy všechny tři parametry: světelný tok, příkon a měrný výkon. Jednotlivé světelné zdroje a jejich měrné výkony jsou uvedeny na obr. 2.[1]

## 2.2. Značení světelných zdrojů

Evropská komise podle č. 244/2009 nařídila nové značení obalů moderních světelných zdrojů a to především úsporných žárovek a LED. Značení vešlo v platnost 1.9.2010 a ukládá výrobcům za povinnost udávat na obalu více parametrů o světelném zdroji (viz. Obr 3).[4]



Obr. 3: Obal světelného zdroje [4]

**Výkon** - Základní parametr, který obal světelného zdroje obsahuje, je výkon. Hodnota výkonu určuje spotřebu elektrické energie a býval uveden i v minulosti. Novinkou je ovšem srovnávání s klasickou žárovkou, kdy na obalu úsporné žárovky (10W) najdeme i ekvivalent s klasickou žárovkou (60W), tento parametr je označován 10W = 60W (5W = 26W, 20W = 100W).

**Životnost** - Novinkou je uvádění životnosti nejen v hodinách, ale také v letech. Při uvedení hodnoty v letech se počítá s průměrným denním svícením 2,7h a může být ještě doplněn srovnáním s klasickou žárovkou.

**Světelný tok** - Hodnota světelného toku určuje, jak intenzivně tento zdroj září. Spolu s intenzitou světla musí být uváděny i jeho vlastnosti, jako barva, teplota chromatičnosti a index podání barev. Tab.č.1.

**Tab.č.1: Barevné odstíny světla a teploty chromatičnosti [10]**

Barva světla	Teplota chromatičnosti
Sněžná bílá	8000K
Studené denní světlo	6500K
Denní světlo	5400K
Studená bílá	4000K
Bílá	3500K
Teplá bílá	3000K
Interna	2700K

**Obsah rtuti** - Z důvodu velkého kladení důrazu na ekologii, musí být uvedeno, zda světelný zdroj obsahuje rtuť (nebo jiné jedovaté látky) a jestli ano, tak v jakém množství. Společně s hodnotou rtuti musí být na obalu doplněna webová stránka výrobce pro případ rozbití světelného zdroje a možnosti zjištění postupu při likvidaci.

**Energetický štítek** - Pro lepší přehlednost spotřebitele je uváděn energetický štítek. Ze štítku zjistíme, jak je zdroj energeticky náročný viz Obr. 3. Štítek obsahuje písmena A, B, C, D, E, F, G. Písmeno A = nejvíce úsporný zdroj a písmeno G = nejméně úsporný zdroj.

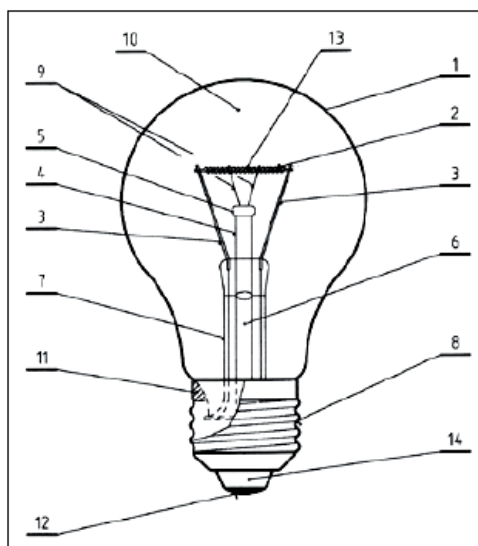
## 2.3. Teplotní světelné zdroje

Princip vzniku záření u tepelných světelných zdrojů je nahřívání tuhých těles. U žárovek se tomuto ději říká inkandescence. Je to děj, při němž prochází elektrický proud pevnou vodivou látkou, například wolframem, a rozžhaví ho na vysokou teplotu. Při této teplotě dojde k emisi viditelného záření.

### 2.3.1. Klasické žárovky

Klasické žárovky jsou stále nejznámějšími a nejpoužívanějšími zdroji světla, i když snaha posledních let, hlavně ve vyspělých zemích, je odklon od klasických žárovek a používání modernějších a účinnějších světelných zdrojů. Žárovky se používají zejména proto, že jsou konstrukčně jednoduché, levné a tudíž nejvíce dostupné. Na celém světě se vyrábějí v miliardových sériích ročně. Poskytují je téměř všichni světový výrobci světelných zdrojů a mají velmi příjemné vyzařované světlo a index podání barev ( $R_a=100$ ).

Základní nevýhody klasické žárovky jsou její nízká účinnost, kdy pouhé 3 – 4 % energie se přemění na světelnou energii a zbytek na odpadní teplo, malý měrný výkon 10lm/W a pokles světelného toku. Tento pokles je způsoben usazováním vypařovaných atomů wolframu z vlákna na stěnu baňky. Díky tomuto značnému odpařování a tedy zužování wolframového vlákna klesá i životnost na pouhých 1000h. [2]



Obr. 4: Konstrukce obyčejné žárovky

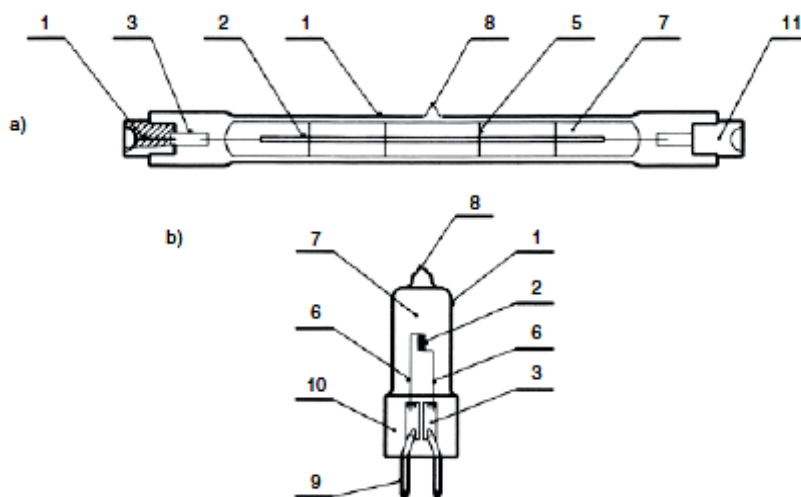
1 – baňka, 2 – wolframové vlákno, 3 – přívody, 4 – tyčinka, 5 – čochka, 6 – čerpací trubička, 7 – talířek, 8 – patice, 9 – háčky (podpěrky), 10 – plynná náplň, 11 – tmel, 12 – pájka, 13 – getr, 14 – izolace patice [1]

### 2.3.2. Halogenové žárovky

Halogenové žárovky jsou společně s klasickými žárovkami teplotní světelné zdroje. Základní rozdíl mezi těmito světelnými zdroji je, že halogenová žárovka pracuje při mnohem vyšší teplotě- kolem 250°C a při mnohem vyšším tlaku (300 až 400kPa), což umožňuje křemičité sklo a nová konstrukce baňky obr. 5. Poslední odlišností je přidávání halogenových prvků k inertnímu plynu baňky.

U klasických žárovek dochází k vypařování wolframového vlákna a k usazování atomů wolframu na baňce. Tím se rapidně snižuje životnost, díky rychlejšímu přepálení vlákna nebo

rychlejšímu snižování světelného toku. U halogenových žárovek díky většímu tlaku omezíme vypařování vlákna a obsazením halogenových prvků v inertním plynu zamezíme usazování zbylých atomů wolframu na baňce. Tato reakce halogenu s wolframem se nazývá termochemická. [3]



Obr. 5: Konstrukce halogenové žárovky

*a* - dvoutisková žárovka, *b* – jednotisková žárovka,

1-baňka, 2-wolframové vlákno, 3-molybdenová fólie, 4-přívod, 5-podběrka, 6-konečky vlákna, 7-plynná náplň, 8-odpalek čerpací trubičky, 9-kolík, 10-stisk, 11-keramická patice [3]

Díky termochemické reakci se zvýší světelný tok o 30% (44 000lm) a během užitečného života tento parametr klesá jen velmi nepatrně okolo 5% počáteční hodnoty. Životnost se zvyšuje na dvojnásobek (2000h) a o 20% se navýší měrný výkon (15lm/W). Teplota chromatičnosti ( $T_c$ ) je u halogenových žárovek 3000K a index podání barev ( $R_a=100$ ).

## 2.4. Výbojové světelné zdroje

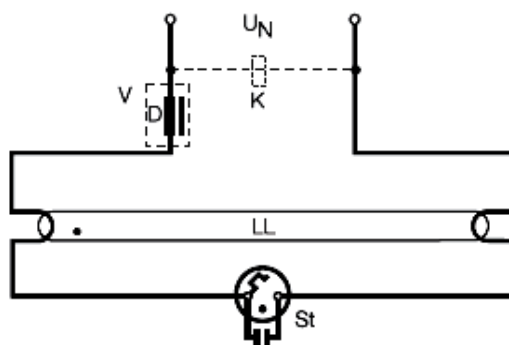
Záření vzniká ve výbojových světelných zdrojích pomocí volných elektronů vybuzených elektrickým polem. Tyto volné elektrony narážejí do atomů plynů a vybudí je. Elektrony atomů plynu se poté přesunou z valenční vrstvy do zakázaného pásma. V tom pásmu elektron nevydrží dlouho a vrací se zpět do valenční vrstvy. Zbytková energie, která vzniká při návratu, je záření. Nevýhodou výbojových světelných zdrojů je, že při rostoucím proudu klesá odpor výboje. Nemůžeme je proto připojit na napájecí síť ale musíme do série přidat předřadník. Jako předřadníky používáme tlumivku, rozptylový transformátor, vlákno žárovky nebo elektronický předřadník.

### 2.4.1. Lineární zářivky

Zářivka je nízkotlaká rtuťová výbojka. Je to jeden z nejrozšířenějších světelných zdrojů, zejména pro svou dobrou účinnost a kvalitu optického záření. Za zlepšení kvality parametrů zářivek může zejména velký technický rozvoj elektroniky a vývoj v oblasti luminoforů.

#### 2.4.1.1. Připojení zářivky na napájecí síť

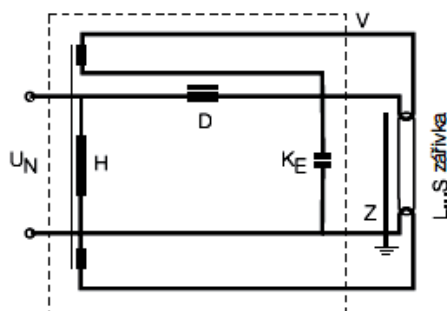
K tomu, aby zářivka mohla fungovat a mohla být zdrojem světelného záření, jsou potřebné další externí obvody, viz obr. 6 a obr. 7.



Obr. 6: Zapojení zářivky se startérem[10]

$D$  – tlumivka,  $K$  – kompenzační kondenzátor,  $LL$  – zářivka,  $St$  – startér,  $U_N$  – síťové napětí,  $V$  – předřadník.

Princip fungování zářivky zapojené se startérem podle obr. 6 spočívá v tom, že po přivedení napájecího napětí na vstup není schopné toto napětí zažehnout výboj v zářivce. Napájecí napětí tedy prochází pouze obvodem se startérem, který je tvořen pevnou elektrodou, bimetalovým páskem a tlumivkou, ve které se část napájecího napětí indukuje. Napětí procházející startérem vytvoří mezi elektrodami doutnavý výboj, který způsobuje vychylování bimetalového pásku k pevné elektrodě. Po spojení bimetalového pásku a elektrody doutnavý výboj zaniká. V této chvíli protéká přes tlumivku a elektrody zářivky dostatečný proud. Tento proud elektrody rozžhává a způsobí ionizaci plynu v jejich okolí. V době, kdy neprobíhá ve startéru doutnavý výboj, dojde k ochlazení bimetalového pásku a jeho návratu do původní polohy. Přes startér již neprochází žádný proud. Na tlumivce se ovšem pomocí magnetické indukce naindukoval dostatečný napěťový impulz, který mezi elektrodami zářivky s částečně ionizovaným prostředím způsobí výboj ionizující celý prostor zářivkové trubice. Výboje již probíhají při mnohem menším napětí. Startér se dalších procesů neúčastní, protože provozní napětí zářivky je menší než napětí potřebné k zapálení výboje ve startéru. Při ustáleném provozu se napájecí napětí dělí na úbytky na tlumivce a napětí mezi elektrodami zářivky způsobující zapálení výboje. Výboj způsobuje vznik ultrafialového záření, které se ve vrstvě luminoforů transformuje do viditelného záření.[1]



Obr. 7: Zapojení zářivky se žhavicím transformátorem[10]

$D$  – tlumivka,  $H$  – žhavicí transformátor,  $K$  – kompenzační kondenzátor,  $KE$  – odrušovací kondenzátor 10 nF.  $LL$  – zářivka  $St$  – startér,  $UN$  – síťové napětí,  $V$  – předřadník,  $Z$  – pomocný zapalovací kondenzátor

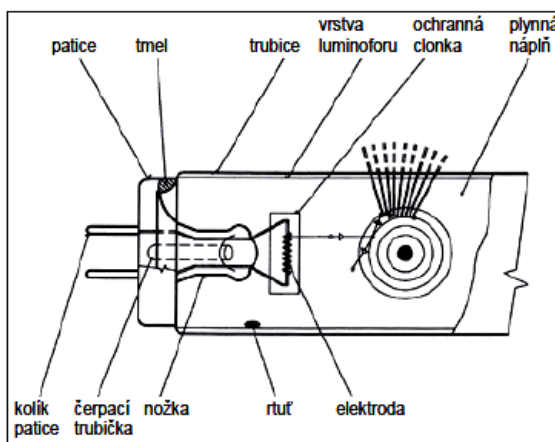
Je-li zářivka zapojena podle obr. 7, neobsahuje obvod startér, ale žhavicí transformátor. Tento transformátor zajišťuje dostatečné nažhavení elektrod tak, aby došlo k emitování elektronů a částečné ionizaci prostředí v zářivce. Tím se stane zápalné napětí zářivky nižší než napětí zdroje a dojde ke vzniku výboje. Zářivku je nutné provozovat v kovovém uzemněném svítidle.

Zářivky jsou také používány pomocí elektronických předřadníků. Tato technologie je rozvíjena zejména u úsporných žárovek, proto se jí budu podrobněji zabývat až v kapitole o úsporných žárovkách.

### 2.4.1.2. Konstrukce zářivek

Nejčastější tvar zářivek je trubice tzv. lineární zářivka. Tyto trubice se dále tvarují podle různých výrobců.

Popis jednotlivých součástí lineární zářivkové trubice vidíme na obr. 8. Hlavní částí lineární zářivky je skleněná trubice. Tato trubice je vyrobena ze sodno - vápenatého skla.



Obr. 8: Popis lineární zářivkové trubice [1]



Celá tato skleněná trubice je přitmelena k patici. Touto paticí poté prochází kolíky patice, které přivádí napájecí napětí na elektrody. Elektrody jsou tvořeny wolframovými spirálami, na kterých jsou nanášeny emisní hmoty uhličitanů barya a stroncia s vápníkem. Další součástí zářivky je její náplň, která je tvořena parami rtuti a argonu. Na vnitřní straně skleněné trubice se nachází velmi úzký proužek luminoforu, nanášený po celé ploše skleněné trubice. Poslední součástí lineární zářivky je ochranná clona elektrod, která slouží pro zamezení usazování emisní hmoty a tím ke vzniku nežádoucích tmavých skvrn na konci trubice.

### 2.4.1.3. Vznik viditelného záření v zářivkách

Ve výbojových nízkotlakých rtuťových světelných zdrojích dochází ke vzniku záření pomocí výbojů v plynech a parách kovů. Dochází zde k přeměně elektrické energie na kinetickou energii elektronů nacházejících se v trubicovém prostoru. K samotnému optickému záření poté dochází při srážkách elektronů a molekul plynů nebo par kovů. Toto optické záření, které je vybuzeveno, se nazývá ultrafialové záření. Ultrafialové záření poté dopadá na stěny trubice, která je pokryta luminofory. Tyto luminofory pohlcují ultrafialové záření a transformují je na viditelné záření tzv. světlo. Tento jev se nazývá fotoluminiscence.

Nevýhodou fotoluminiscence je, že spektrum záření, které vzniká, není jako u tepelných zdrojů spojitě, ale je čárové. Je to způsobeno tím, že elektrony se mohou pohybovat jen po určitých hladinách a tedy i fotony, které jsou vyzářeny díky srážkám a následovnému návratu elektronů do rovnovážné polohy, mohou mít jen určité hladiny.

Určující parametr, který rozhoduje o barvě, kterou zářivka září, je luminofor. Luminofor přeměňuje ultrafialové záření výboje na viditelné záření, jehož hlavní parametry v katalogích jsou náhradní teplota chromatičnosti a index podání barev.

Starší typy zářivek obsahují širokopásmové luminofory. Zářivka tohoto typu má na vnitřní straně trubice pouze jeden luminofor, který je aktivován halofosfátem vápníku. Jejich podání barev je nedokonalé a mají pouze jednu barvu světla (chromatičnost) – studenou bílou. Hlavní nevýhodou bylo rychlejší stárnutí luminoforů, proto byl vyvinut novější typ- třípásmové luminofory.

Třípásmové luminofory, někdy také nazývané úzkopásmové jsou tvořeny místo jednoho luminoforu, pokrývajících celou plochu zářivky, směsí tří úzkých luminoforů. Každý z nich září jinou barvou a to zelenou, modrou nebo červenou. Z těchto barev jsme v různém poměru schopni vytvořit jakoukoliv barvu. [1]

### 2.4.2. Úsporné žárovky

Úsporné žárovky se svými parametry (rozměrů a světelného podání) podobají klasickým žárovkám. Odstraňují ale jejich základní nevýhody a to krátkou životnost a malou účinnost. Úspora energie u kompaktní žárovky může být až 80% a životnost je až 15 krát delší.

Máme dva základní typy úsporných žárovek, které se liší podle umístění předřadníku.

- Úsporné žárovky s integrovaným elektronickým předřadníkem
- Úsporné žárovky se zabudovaným indukčním zapalovačem pro indukční předřadník

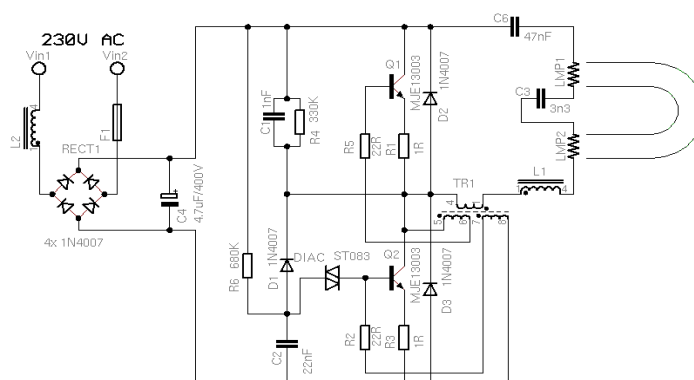
### 2.4.2.1. Úsporné žárovky s integrovaným elektronickým předřadníkem

Tyto světelné zdroje se používají jako klasické žárovky. Skládají se z patice (šroubovatelné), kterou lze připojit přímo na napájecí síť. K této patici je připojen integrovaný elektronický předřadník umístěný uvnitř plastového krytu, na kterém jsou připojeny zářivkové trubice naplněné směsí plynu argonu a rtuti obr. 9.



Obr. 9: Úsporná žárovka s integrovaným elektronickým předřadníkem[9]

Vznik světelného záření je velmi podobný jako u lineárních zářivek. Na obou koncích trubice úsporné žárovky jsou elektrody. Jedna z elektrod (katoda) se zahřeje na teplotu 900°C. To způsobí uvolnění značného množství elektronů, které se urychlují napětím mezi oběma elektrodami. Urychlené elektrony narážejí do atomů plynu argonu a rtuti, což způsobí vznik nízkoteplotního plazmatu. Zbývá energie se vyzáří v podobě UV záření. Následně toto záření dopadá na stěnu trubice, která je pokryta vrstvou luminoforu. Luminofor přemění UV záření na viditelné záření. Zářivková trubice je napájena přes elektronický předřadník obr. 10.[9]



Obr. 10: Schéma elektronického předřadníku úsporné žárovky[9]

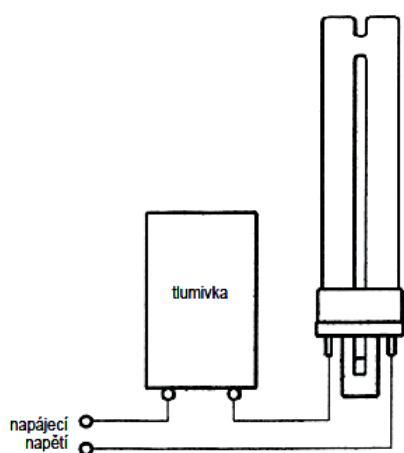
Elektronický předřadník musí zajistit dvě základní funkce. Rozběh zářivky, který musí být plynulý a rychlý a ustálený běh, při kterém nesmí docházet k blikání. Pro rozběh slouží prvky C2, R6 a DIAC. Ty způsobí prvotní otevření tranzistoru Q2. Následně jsou prvky zablokovány diodou D1 a tranzistory jsou buzeny už jen přes transformátor T1. V tomto okamžiku jsou elektrody napájeny přes kondenzátor C3 napětím z rezonančního obvodu L1, TR1, C3 a C6. Toto napětí, potřebné na rozzhavení elektrod a k ionizaci prostředí, může dosahovat až 600V.

Po ionizaci prostředí se kondenzátor C3 zkratuje a velikost napětí je dána pouze kondenzátorem C6 s mnohem menší kapacitou, čímž se sníží i velikost napětí a rezonanční frekvence. Pro vznik záření při ustáleném chodu je toto napětí dostačující. [9]

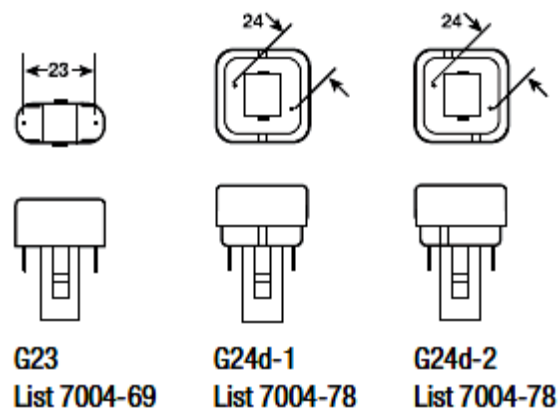
#### 2.4.2.2. Úsporné žárovky se zabudovaným indukčním zapalovačem

Kompaktní žárovky se zabudovaným indukčním zapalovačem se svým principem činnosti podobají lineárním zářivkám. Světelný zdroj je složen ze zářivkové trubice, která je připojena k plastové patici obsahující startér a kolíky. Předřadník (tlumivka) je umístěna ve svítidle mimo světelný zdroj obr. 11.

Velkou výhodou tohoto světelného zdroje je cena. Při výměně totiž nemusíme platit i drahý předřadník, který je v předchozí kompaktní zářivce integrován. Nevýhodou ovšem je nutnost speciálního svítidla obsahujícího vnější předřadník. Životnost těchto světelných zdrojů se pohybuje okolo 10 000h. Při omezení častého vypínání a zapínání může být i vyšší. Opět se vyznačují velkou účinností. Nevýhodou je nízký světelný tok těsně po zapnutí a nevhodnost použití do prostor pod bodem mrazu. Světlo, které vyzařují, je - denní světlo, studená bílá, teplá bílá při indexu podání barev ( $R_a = 90$  až 99). [1]



Obr. 11: Zapojení kompaktní žárovky se zabudovaným indukčním zapalovačem a tlumivkou. [1]

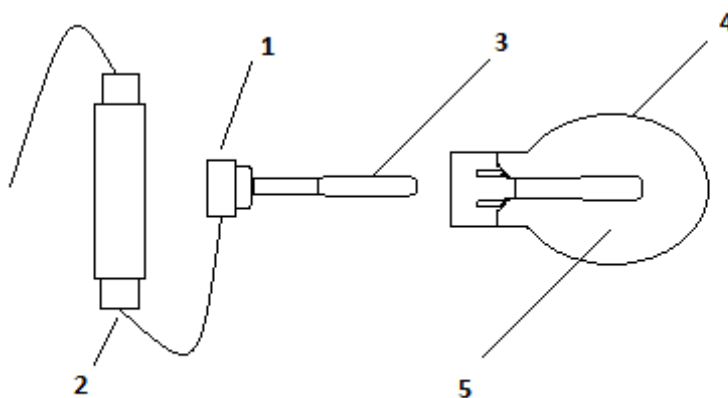


Obr. 12: Patice kompaktní žárovky se zabudovaným indukčním zapalovačem [10]

### 2.4.3. Indukční výbojky

Indukční výbojky jsou nízkotlaké světelné zdroje pracující na principu indukce. Tento způsob vzniku světelného záření je znám už velmi dlouho, ovšem teprve v roce 1993 firma Philips přišla se světelným zdrojem použitelným na trhu. Základem indukční výbojky (obr. 13) je baňka, která má z jedné strany zatavenou trubici potaženou vrstvou luminoforů. Do trubice se vkládá feritové jádro s indukční cívkou. Indukční cívka je připojena k vysokofrekvenčnímu generátoru, který ji napájí proudem o frekvenci 2,65MHz. Záření vzniká vybuzením par rtuti v baňce pomocí vysokofrekvenčního pole cívky. Vybuzené páry rtuti emitují ultrafialové záření, které dopadá na vrstvu luminoforů. Luminofory transformují ultrafialové záření na záření viditelné.

Značnou výhodou tohoto světelného zdroje je, že neobsahuje žádné elektrody. Z tohoto důvodu má extrémně dlouhou životnost- až 60 000h a dobrou dobu náběhu- kolem 0,5s. [1]



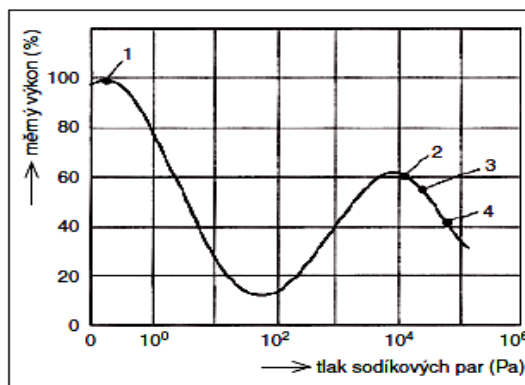
Obr. 13: Konstrukce indukční výbojky[1]

1-vř generátor, 2-koaxiální kabel, 3-feritové jádro s indukční cívkou, 4-bezelektrodová výbojka s luminoforem, 5-plynná náplň

### 2.4.4. Sodíkové výbojky

Základní rozdělení sodíkových výbojek je na vysokotlaké a nízkotlaké. Jsou to světelné zdroje pracující s parami sodíku, které vyzařují světlo kolem žluté části spektra, což je oku velmi příjemné.

Rozdíl mezi těmito výbojkami je v tlaku uvnitř baňky. Nízkotlaké sodíkové výbojky pracují při tlaku 0,5Pa (obr. 14 - 1. maximum). Při zvyšování tlaku v baňce dochází ke snižování měrného výkonu (světelné účinnosti) do minima, následně ovšem opět ke zvyšování až do 2. maxima. Toto maximum se nachází kolem 27kPa. Při tomto tlaku pracují vysokotlaké sodíkové výbojky. [1]

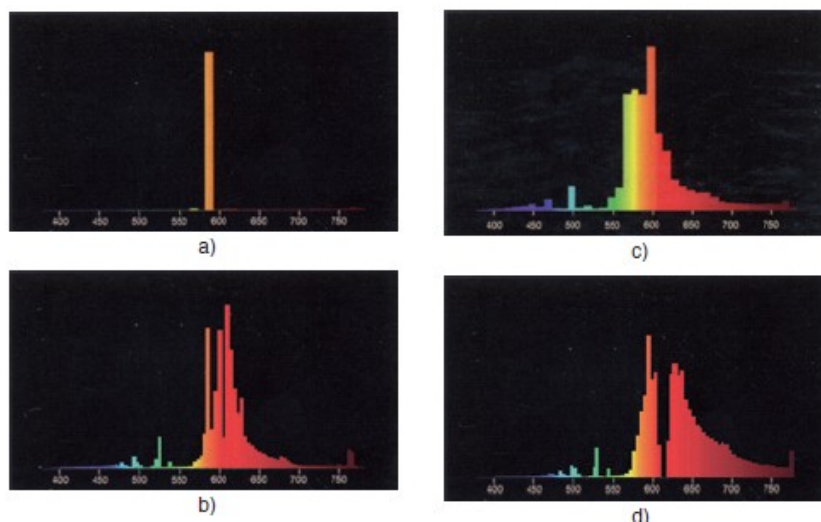


Obr. 14: Závislost měrného výkonu na tlaku sodíkových par [5]

1. nízkotlaké sodíkové výbojky  $R_a=0$ , 2. vysokotlaké sodíkové výbojky  $R_a=25$ , 3. vysokotlaké sodíkové výbojky  $R_a=60$ , 4. vysokotlaké sodíkové výbojky  $R_a=85$

Výhodou nízkotlakých sodíkových výbojek je velmi velký měrný výkon, který dosahuje u kvalitních výrobců až 200lm/W. Jsou tedy nejúčinnější světelné zdroje. U vysokotlakých sodíkových výbojek dosahujeme měrných výkonů pouze kolem 150lm/W. Zásadním rozdílem ve světelných parametrech mezi těmito výbojkami je ovšem vyzařované spektrum a index podání barev. Zatímco vysokotlaké výbojky mají spektrum spojité (obr. 15 b, c, d) a index podání barev  $R_a=25$  až 85, tak u nízkotlakých výbojek je vyzařována pouze barva žlutá o vlnové délce 589,0 až 589,6nm a index podání barev  $R_a=0$ . Z tohoto důvodu se u nás nízkotlaké sodíkové výbojky téměř nerozšířily a používají se pouze vysokotlaké.

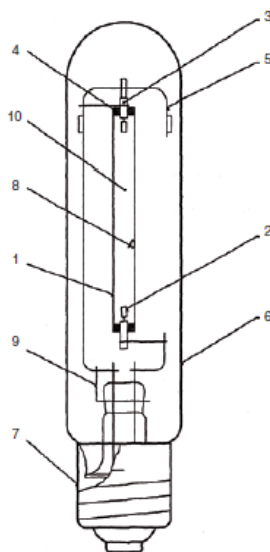
Jejich použití je zejména pro osvětlování dálnic, veřejných prostranství nebo historických budov. Velkou výhodou je vysoká životnost- 24 000h.



Obr. 15: Spektrální složení světla sodíkových výbojek[5]

a - nízkotlaké sodíkové výbojky  $R_a=0$ , b -vysokotlaké sodíkové výbojky  $R_a=25$ , c - vysokotlaké sodíkové výbojky  $R_a=60$ , d - vysokotlaké sodíkové výbojky  $R_a=85$

Z důvodu velmi malého používání nízkotlakých sodíkových výbojek se budu zabývat konstrukcí pouze vysokotlakých sodíkových výbojek obr. 16.



Obr. 16: Vysokotlaká sodíková výbojka[1]

1-korundový hořák, 2-elektroda, 3-niobová průchodka, 4-skelná pájka, 5-nosný rámeček, 6-vnější baňka, 7-patice, 8-amalgám sodíku, 9-baryový getr, 10-inertní plyn

Základem výbojky je korundový hořák vložený do vyčerpané baňky. Hořák je připojen k průchodkám. Tento spoj je proveden pomocí skelné pájky a velkou měrou rozhoduje o životnosti výbojky, protože musí odolávat velkým teplotním výkyvům při zapínání a vypínání. Materiál průchodek musí být také z velmi odolného materiálu, nejlépe se osvědčil niob. K průchodce je připojena elektroda, jejíž poloha je dána teplotou prostoru. Korundový hořák je naplněn amalgámem sodíku a také inertním plynem, většinou xenonem, ale někteří výrobci používají i radon. Pro zapálení výboje jsou nutné další součásti: tlumivka a zapalovací zařízení. [1]

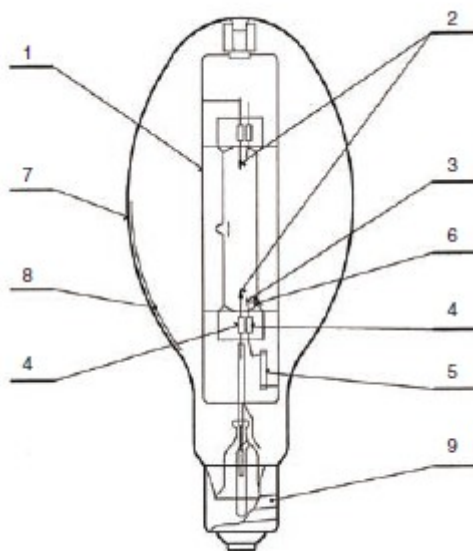
#### 2.4.5. Vysokotlaké rtuťové výbojky

V minulých kapitolách jsem řešil problematiku nízkotlakých rtuťových výbojek a to především zářivek. Nevýhodou těchto světelných zdrojů bylo emitované záření, jehož spektrum bylo převážně ultrafialové. Se zvyšováním tlaku ovšem dochází k vyzařování spektra s vyššími vlnovými délkami a dostáváme se tedy z oblasti ultrafialového záření do viditelného spektra záření (407nm, 436nm, 546nm, 577nm). Nevýhodou tohoto zdroje je, že neobsahuje červenou složku spektra a tudíž není vhodný pro běžné používání. Možností, jak tento problém odstranit, je několik.

- Vysokotlaké rtuťové výbojky s luminoforem
- Směsné výbojky

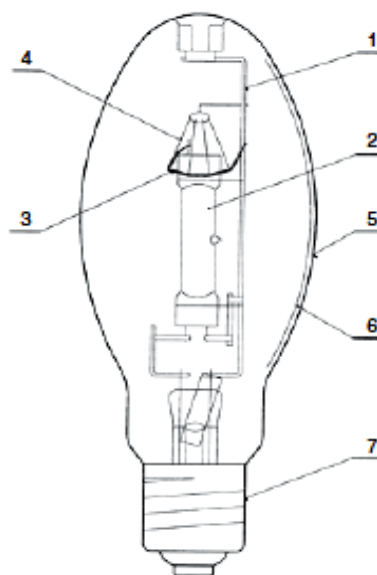
Vysokotlaké rtuťové výbojky s luminoforem (obr. 17). V těchto světelných zdrojích většina světelného spektra vzniká ve rtuťovém výboji při tlaku 100kPa. Z důvodu absence černého spektra použijeme na vnitřní stranu baňky luminofor, který převádí UV záření výboje na červené spektrum. Výhodou tohoto světelného zdroje je velká odolnost proti otřesům, velká životnost 12000 až 15000 h a měrný výkon 50 až 80lm/W. Nevýhody jsou pomalé ustálení rtuťového výboje (kolem 5minut) a po vypnutí je nutno počkat až se světelný zdroj ochladí, aby mohl být výboj znovu zapálen (7minut).

Směsné výbojky (obr. 18) jsou doplněny nejen o vrstvu luminoforu jako u předchozího typu rtuťových výbojek, ale ještě o wolframové vlákno spojené do série se rtuťovým hořákem. Ten zaručí vznik záření především v červené části spektra. Jejich velkou výhodou je, že mohou být zapojeny přímo do sítě nízkého napětí pro žárovky 200 až 500W a také mají lepší index podání barev  $R_a = 60$  až 69. Nevýhodou je nízký měrný výkon 20 až 30lm/W .[6]



Obr 17: Vysokotlaká výbojka s luminoforem[6]

1 - nosný rámeček, 2 - hlavní elektrody,  
3 – pomocné elektrody, 4 - molybdenová folie,  
5 - rezistor, 6 – rtuť, 7 – vnější baňka,  
8 – vrstva luminoforu, 9 - patice



Obr. 18: Směsná výbojka[6]

1 - nosný rámeček, 2 – rtuťový hořák,  
3 – wolframové vlákno, 4 – molybdenové háčky, 5 – vnější baňky, 6 – luminofor, 7 - patice

## 2.5.LED

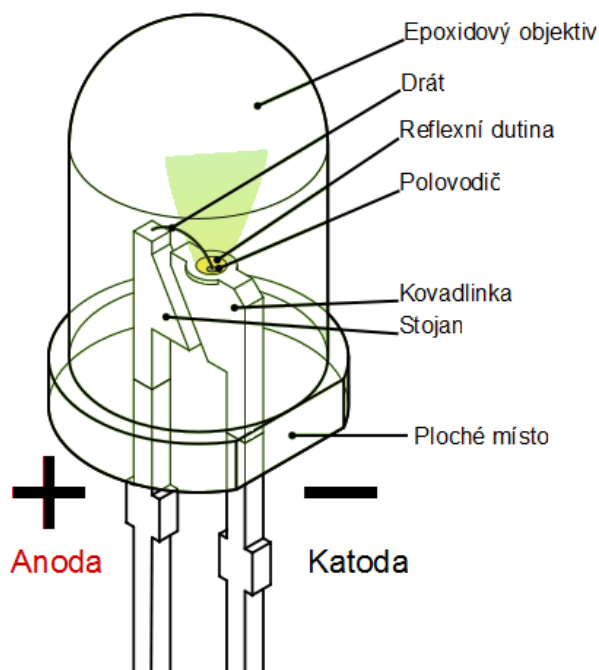
LED vznikají stejně jako kompaktní zářivky z důvodu nahrazení klasické žárovky modernějšími a mnohem úspornějšími světelnými zdroji.

Základem LED světelného zdroje je polovodičová dioda. Při průchodu proudem touto diodou v propustném směru dojde k přesunu elektronů v polovodiči z vyšší energetické vrstvy do nižší energetické vrstvy. Změna pozice elektronu vyvolá energetický rozdíl. Výsledkem tohoto energetického rozdílu je emise záření. Konstruktivně můžeme LED rozdělit podle několika hledisek. Podle počtu čipů na jednočipové a vícečipové, nebo podle výkonu čipů na klasické a výkonové.

LED jsou nejnovější technologií v oblasti světelných zdrojů a svými parametry značně převyšují ostatní světelné zdroje. Největšími výhodami jsou velmi dlouhá životnost, která se pohybuje od 30 000 do 100 000 hodin a velká účinnost. Zatímco u klasických žárovek se měrný výkon pohybuje okolo 12lm/W, LED zdroje dosahují hodnot až 60lm/W. LED mají i některé vlastnosti, které je upřednostňují před kompaktními zářivkami. Je to zejména vysoká mechanická odolnost, okamžitý náběh do plného výkonu, nezkracování životnosti při častém vypínání a zapínání a možnost použití jednodušší elektroniky při potřebě stmívání.

Druh a typ světla, který LED vyzařuje je velmi široký podle druhu a množství diod (čipů). V současné době je možno používat LED od pouličního osvětlení až po bludičky u televizorů.

Základní a hlavní nevýhodou je prozatím vysoká cena. [8]



Obr. 19: Light-emitting diode [8]



### **3. Výrobci světelných zdrojů**

#### **3.1.Osram**

Značka Osram vznikla v roce 1919, kdy tři významné firmy Siemens & Halske, Deutsche Glasgluhlicht a AEG sloučily svou výrobu světelných zdrojů. Od počátku se produkty Osram prodávaly i v České republice. Už v roce 1922 byla u nás otevřena první továrna. Ta však byla později zrušena a až v roce 2000 došlo k otevření nového výrobního závodu OSRAM Bruntál s.r.o.

Společnost Osram se zabývá především výrobou svítidel, světelných zdrojů všech druhů, elektronických předřadníků a systémů řízení osvětlení.

##### **3.1.1. Úsporné žárovky s integrovaným předřadníkem**

Tyto úsporné žárovky patří k nejkvalitnějším na trhu. Vyznačují se zejména dlouhou životností, kvalitním podáním barev a velkým množstvím spínacích cyklů. Prodávají se ve třech základních řadách: OSRAM DULUX INTELLIGENT, OSRAM DULUX SUPERSTAR a OSRAM DULUXSTAR.

a) DULUX INTELLIGENT

- Velmi dlouhá životnost 20 000h.
- Neomezený počet spínacích cyklů.
- Velmi rychlý náběh světelného toku.

b) DULUX SUPERSTAR

- Životnost od 8 000h do 15 000h.
- Maximálně 500 000 spínacích cyklů.
- Značné množství tvarů jako Twist, Globe nebo Ball.

c) DULUXSTAR

- Životnost 10 000h.
- Spínacích cyklů 20 000.



Obr. 20: Duluxstar



Obr. 21. Superstar Twist



Obr. 22: Superstar Globe

Tab.č.2: Úsporné žárovky Osram[10]

Firma	Druhy	Cena	Příkon	Proud	Světelný tok	Měrný výkon	Střední životnost
		(Kč)	(W)	(mA)	(lm)	(lm/W)	(h)
Osram	Duluxstar Value	99	8	110	400	50	6 000
		102	11	125	600	55	
		111	15	160	840	56	
		<b>115</b>	<b>20</b>	<b>170</b>	<b>1160</b>	<b>58</b>	
	Superstar Twist Micro	180	11	100	660	59	12 000
		180	13	115	720	61	
		<b>200</b>	<b>18</b>	<b>160</b>	<b>1150</b>	<b>67</b>	
		205	23	200	1450	70	
	Superstar Globe	210	14	110	860	47	15 000
		230	18	145	1060	59	

### 3.1.2. Lineární zářivky

Lineární zářivky Osram se vyznačují především velkou hospodárností a vysokou životností. Na trhu máme k dispozici tyto řady.

- T2 s průměrem trubice 7mm
- T5 s průměrem trubice 16mm
- T8 s průměrem trubice 26mm
- T9 s průměrem trubice 29mm
- T12 s průměrem trubice 38mm

Další možnost rozdělení lineárních zářivek je podle jejich technologie výroby. Firma Osram má tři základní typy: HIGH EFFICIENCY, HIGH OUTPUT a HIGH OUTPUT CONSTANT.

## a) HIGH EFFICIENCY

- Zářivky s vysokým měrným výkonem až 104 lm/W.
- Životnost 20 000h.
- Rychlý start bez blikání.
- Teplota chromatičnosti 2700K, 3000K, 3500K, 4000K, 6500K, 8000K.

## b) HIGH OUTPUT

- Zářivky s vysokým světelným tokem od 2000lm do 7000lm.
- Světelný tok se zvýší na úkor 10% snížení měrného výkonu.
- Okamžitý start bez blikání.
- Teplota chromatičnosti 2700K, 3000K, 3500K, 4000K, 6500K, 8000K.

## c) HIGH OUTPUT CONSTANT

- Při širokém rozsahu teplot poskytuje konstantní světelný tok.
- Funguje správně při teplotách od 5°C do 70°C.
- Teplota chromatičnosti 3000K, 4000K, 6500K.

Tab.č.3: Lineární zářivky Osram [10]

Firma	Druhy	Cena	Příkon	Proud	Světelný tok	Měrný výkon	Střední životnost
		(Kč)	(W)	(mA)	(lm)	(lm/W)	(h)
Osram	HIGH EFFICIENCY T5	95	14	0,165	1350	96	20 000
		95	21	0,165	2100	100	
		95	28	0,170	2900	103	
		95	35	0,175	3650	104	
	HIGH OUTPUT T5	111	24	0,295	2000	83	24 000
		111	39	0,325	3500	89	
		111	49	0,255	4900	100	
		181	54	0,455	5000	92	
		190	80	0,530	7000	87	
	HIGH OUTPUT CONSTANT T5	-	24	0,295	1900	79	20 000
		-	39	0,325	3400	87	
		-	49	0,421	4300	88	
		190	54	0,455	4850	90	
		190	80	0,530	6800	85	

### 3.2. Philips

Firma byla založena v roce 1910 v Nizozemí Antonem a Gerardem Philipsovy. Jejím prvotním a základním výrobkem byly žárovky s uhlíkovým vláknem. Později se firma začala zabývat i výrobou jiných produktů, zejména v roce 1915 rádiovými přijímači, r. 1925 prvními televizemi, r. 1940 audiokazetami, r. 1970 kompaktními disky a v r. 1999 výrobou DVD. K 1. lednu 2008 firma Philips rozdělila svou strukturu do tří hlavních divizí: zdravotní péče, osvětlovací technika a životní styl spotřebitelů (spotřební zboží).

Dnes divize osvětlovací techniky (Philips Lighting) patří ke světové špičce. Její sortiment obsahuje všechny známé světelné zdroje. Svoji budoucnost spatřuje zejména ve vývoji zdrojů LED.

#### 3.2.1. Úsporné žárovky s integrovaným předřadníkem

Společnost Philips má na trhu tři základní řady úsporných žárovek MASTER, GENIE a TORNÁDO, které se ještě dělí podle specifických vlastností. Dále se zabývá výrobou značného množství speciálních typů, ze kterých jsem vybral MASTER GLOUBE(viz d).

a) MASTER

- Velmi dlouhá životnost od 15 000h do 20 000h.
- Extrémní množství spínacích cyklů od 20 000 až po 1 000 000.
- Měrný výkon 50lm/W.

b) GENIE

- Životnost od 8 000h do 15 000h.
- Množství spínacích cyklů 5000.
- Lepší měrný výkon mezi 50 a 60 lm/W.

c) TORNADO

- Životnost od 8000h do 12 000h.
- Počet spínacích cyklů 5 000.
- Měrný výkon mezi 60 a 70 lm/W.

d) MASTER GLOUBE

- Životnost 12 000h.
- Počet spínacích cyklů 6 000.
- Měrný výkon 60 lm/W.



Obr. 23: Master Genie ESaver



Obr. 24: Tornado ESaver

Tab.č.4: Úsporné žárovky Philips[11]

Firma	Druhy	Cena	Příkon	Proud	Světelný tok	Měrný výkon	Střední životnost
		(Kč)	(W)	(mA)	(lm)	(lm/W)	(h)
Philips	Genie ESaver	93	11	80	600	55	8 000
		93	14	100	810	58	
		<b>93</b>	<b>18</b>	<b>130</b>	<b>1100</b>	<b>61</b>	
		93	23	160	1400	61	
	Tornado ESaver	219	12	80	725	65	8 000
		219	15	100	950	63	
		<b>219</b>	<b>20</b>	<b>150</b>	<b>1350</b>	<b>67</b>	
		219	23	165	1550	67	
	Master Globe	285	16	110	900	56	12 000
		285	20	140	1160	58	
		285	23	155	1380	60	

### 3.2.2. Lineární zářivky

Lineární zářivky Philips se dělí podle svých parametrů do čtyř základních skupin TL 5, TL – D, TL a TL – miniaturní.

- a) TL 5
  - Šířka trubice 16 mm.
  - Životnost 24 000h.
  - Měrný výkon 89 lm/W

- b) TL – D
  - Šířka trubice 26 mm.
  - Životnost 15 000h
  - Měrný výkon 67 lm/W
- c) TL
  - Speciální typy o rozměrech trubice 26 mm a 38 mm.
  - Možnost kruhového tvaru.
  - Netradičná světelné spektra.
- d) TL – miniaturní
  - Šířka trubice 16 mm.
  - Životnost 8 000h.
  - Měrný výkon 70 lm/W.

Tab.č.5: Lineární zářivky Philips[11]

Firma	Druhy	Cena	Příkon	Proud	Světelný tok	Měrný výkon	Střední životnost
		(Kč)	(W)	(mA)	(lm)	(lm/W)	(h)
Philips	TL5 HE	140	14	170	1350	89	24 000
		140	21	170	1960	90	
		150	28	170	2900	93	
		150	35	170	3650	94	
	TL – D Super 80	90	14	380	890	64	15 000
		90	15	340	1000	67	
		90	18	360	1350	75	
		101	30	360	2400	80	
		101	36	560	3100	86	

### 3.3.General Electric

Společnost byla založena v roce 1892 Thomasem Edisonem a Charlesem A. Coffinem ve státě Massachusetts. Zanedlouho po svém vzniku díky velkému množství patentů zaujala dominantní postavení v elektrotechnickém průmyslu.

V současnosti je General Electric nadnárodní firmou, která se dělí na řadu společností působících ve velkém množství oborů, jako finanční služby, zdravotní péče, letectví, spotřební elektronika, media, osvětlení nebo výroba plastů.

Pro mě je nejdůležitější společnost GE Lighting, která se zabývá výrobou světelných zdrojů a svítidel. Mezi základními produkty, které nabízí, jsou žhavicí žárovky, halogenové žárovky, LED, lineární zářivky a úsporné žárovky.

### 3.3.1. Úsporné žárovky s integrovaným předřadníkem

Úsporné žárovky GE se vyznačují špičkovou kvalitou a dlouhou životností. Sortiment se dělí do tří základních skupin podle tvaru. Jednotlivé tvary můžeme pak rozdělit podle kvality a výkonu.

TUBULAR	- Vysoký výkon	- Životnost 15 000h - Počet spínacích cyklů 20 000 - Žhavení standardní do 2s
	- Prémium	- Životnost od 6000h do 10 000h - Počet spínacích cyklů 5 000 - Žhavení rychlé do 1s
	- Standardní	- Živost 6 000h - Počet spínacích cyklů 5 000 - Žhavení standardní do 2s
SPIRAL	- Vysoký výkon	- Životnost 12 000h - Počet spínacích cyklů 20 000 - Žhavení standardní do 2s
	- Prémium	- Životnost 8 000h - Počet spínacích cyklů 5 000 - Žhavení rychlé do 1s
	- Standardní	- Živost 6 000h - Počet spínacích cyklů 5 000 - Žhavení rychlé do 1s
DECORATIV	- Vysoký výkon	- Životnost 10 000h - Počet spínacích cyklů 5 000 - Žhavení okamžité do 0.3 s.
	- Prémium	- Životnost od 6 000h - Počet spínacích cyklů 5 000 - Žhavení rychlé do 1s
	- Standardní	- Živost 6 000h - Počet spínacích cyklů 5 000 - Žhavení standardní do 2s



Obr. 25: Tubular 3U



Obr. 26: Spiral T2

Tab.č.6: Úsporné žárovky General Electric[12]

Firma	Druhy	Cena	Příkon	Proud	Světelný tok	Měrný výkon	Střední životnost
		(Kč)	(W)	(mA)	(lm)	(lm/W)	(h)
General Electric	Tubular 3U	159	11	-	580	53	6 000
		159	15	-	872	58	
		<b>169</b>	<b>20</b>	-	<b>1152</b>	<b>58</b>	
		179	23	-	1400	61	
	Spiral T2	189	10	-	580	58	8 000
		199	13	-	870	66	
		209	15	-	950	63	
		<b>239</b>	<b>20 T3</b>	-	<b>1200</b>	<b>60</b>	
		249	23 T3	-	1600	69	
	Gloube	-	11	-	500	45	10 000
		-	15	-	800	53	

### 3.3.2. Lineární zářivky

Lineární zářivky General Electric se vyznačují velmi nízkými provozními náklady, kvalitním podáním barev, vysokou spolehlivostí a extrémně dlouhou životností. Díky těmto vlastnostem se řadí k nejvyšší kvalitě výrobků na trhu.

Stejně jako kompaktní žárovky jsou i lineární zářivky rozděleny do několika skupin podle tvarů.



- T5 s průměrem trubice 16 mm
- T8 s průměrem trubice 26 mm
- T12 s průměrem trubice 38 mm
- U trubice s průměrem 16 mm

Kromě rozdělení podle tvarů je možné jednotlivé lineární zářivky rozlišovat podle vlastností:

- a) Watt-Miser
  - Velká úspora energie
  - Životnost 25 000h
  - Vynikající barevné podání 85
  - Vysoká měrná účinnost 111 lm/W
- b) Long Last
  - Nízké nároky na údržbu
  - Životnost 30 000h
  - Vynikající barevné podání 85
  - Vysoká měrná účinnost 104 lm/W
- c) covRguard
  - Kompletní ochrana proti rozbití
  - Speciální použití v prostorech s rizikem kontaminace sklem

**Tab.č.7: Lineární zářivka General Electric[12]**

Firma	Druhy	Cena	Příkon	Proud	Světelný tok	Měrný výkon	Střední životnost
		(Kč)	(W)	(mA)	(lm)	(lm/W)	(h)
General Electric	T5 Watt-Miser	130	24	-	1750	73	25 000
		138	39	-	3200	82	
		138	49	-	4450	90	
		131	54	-	4460	82	
		150	80	-	6450	80	
	T5 LongLast	90	24	-	1750	72	30 000
		106	39	-	3200	82	
		106	49	-	4450	90	
		96	54	-	4460	82	
		130	80	-	6450	80	

### 3.4.Megaman

Společnost Megaman byla založena v roce 1994 v Německu. Velmi rychle se stala jednou z nejvýznamnějších průmyslových společností. V dnešní době působí v 90 zemích po celém světě.

Megaman se zaměřuje na výrobu zejména žhavicích žárovek, úsporných světelných zdrojů a LED. Prioritou Megaman je, aby její výrobky splňovaly špičkové parametry a byly ekologicky šetrné.

#### 3.4.1. Úsporné žárovky s integrovaným předřadníkem

Tyto úsporné žárovky se liší od ostatních několika vlastnostmi. Jsou vybaveny silikonovým návlekem, který zamezuje rozbití, dále mají vestavěný speciální chladič, který reguluje tlak při vypařování, a jsou vyráběny z recyklovatelného plastu.

Megaman se zabývá v oblasti úsporných světelných zdrojů výrobou těchto druhů žárovek: TUBULAR, GLOBE, SPIRAL, CLASSIC, LILIPUT, CANDLE a PING PONG. Je zřejmé, že sortiment je značně rozsáhlý, obsahuje téměř 400 výrobků. Zaměřím se proto jen na základní typy, a to na TUBULAR, SPIRAL a GLOBE.

a) TUBULAR

- Velké množství modelů WL, SU, MU, 3U
- Životnost od 10 000h do 15 000h
- Měrný výkon kolem hodnoty 56lm/W
- Spínacích cyklů 600 000
- Velká odolnost proti rozbití

b) SPIRAL

- Životnost 8 000h
- Vysoký měrný výkon 63lm/W
- Velká odolnost proti rozbití

c) GLOBE

- Životnost 10 000h
- Spínacích cyklů 600 000
- Měrný výkon 56lm/W



Obr. 27: Tubular Liliput



Obr. 28: Spiral

Tab.č.8: Úsporné žárovky Megaman[13]

Firma	Druh	Cena	Příkon	Proud	Světelný tok	Měrný výkon	Střední životnost
		(Kč)	(W)	(mA)	(lm)	(lm/W)	(h)
Megaman	Tubular Liliput	224	11	-	700	64	15 000
		224	15	-	975	65	
		<b>250</b>	<b>20</b>	-	<b>1300</b>	<b>65</b>	
		256	23	-	1500	65	
	Spiral	90	11	-	700	64	8000
		95	19	-	900	54	
		<b>116</b>	<b>20</b>	<b>174</b>	<b>1350</b>	<b>68</b>	
		123	23	-	1550	67	
	Globe	200	18	-	1008	56	10 000
		200	20	-	1151	58	
		200	23	-	1371	60	

### 3.5.Landlite

Landlite je čínská průmyslová společnost. Byla založena v roce 1996 a od svého založení dodnes se zabývá výrobou LED světelných zdrojů a úsporných žárovek. Její hlavní výrobní závod se nachází ve městě Shenzen. Její produkty se prodávají ve všech částech světa. V České republice se tato značka prodává v obchodním řetězci Globus.

### 3.5.1. Úsporné žárovky s integrovaným předřadníkem

Zabývá se zejména výrobou trubičkových a spirálových úsporných žárovek. Kvalitou se tyto světelné zdroje řadí k horším. Nedosahují totiž špičkových parametrů a tomu odpovídá i nižší cena.



Obr. 29: Tubular 3U



Obr. 30: Spiral T3

Tab.č.9: Úsporné žárovky Landlite[14]

Firma	Druh	Cena	Příkon	Proud	Světelný tok	Měrný výkon	Střední životnost
		(Euro)	(W)	(mA)	(lm)	(lm/W)	(h)
Landlite	Tubular 3U	2,91	15	-	750	50	8000
		2,94	20	-	1000	50	
		3,28	26	-	-	-	
		3,57	36	-	-	-	
	Spiral T2	2,67	11	-	550	50	8000
		2,85	15	-	800	53	
		<b>2,85</b>	<b>20</b>	-	<b>1160</b>	<b>58</b>	
		2,85	23	-	1400	61	

### 3.6. Phlight

Yiwu Phlight Electronic byla založena v roce 2003. Je to čínská společnost, která se specializuje na vývoj a výrobu úsporných žárovek a LED světelných zdrojů. Její výrobky se prodávají zejména v Evropě, Jižní Americe a jihovýchodní Asii.

#### 3.6.1. Úsporné žárovky s integrovaným předřadníkem

Zabývají se výrobou pouze úsporných žárovek s integrovaným předřadníkem. Mezi jejich základní výrobní série patří U typ, spirála, lotus a koule. O daných produktech firma udává málo údajů, ale kvalitu žárovek lze ověřit měřením.



Obr. 31: Tubular 2U



Obr. 32: Spiral T2

Tab.č.10: Úsporné žárovky Phlight[15]

Firma	Druh	Cena	Příkon	Proud	Světelný tok	Měrný výkon	Střední životnost
		(Kč)	(W)	(mA)	(lm)	(lm/W)	(h)
<b>Phlight</b>	Tubular 2U	30	11	-	-	-	8 000
		30	15	-	-	-	
		<b>30</b>	<b>20</b>	-	-	-	
		30	26	-	-	-	
	Spiral T2	30	9	-	-	-	8 000
		30	14	-	-	-	
		30	18	-	-	-	
		30	22	-	-	-	

## 4. Experimentální část – měření

Tato část mé práce zjišťuje vliv úsporných žárovek na napájecí síť při různých velikostech napájecího napětí.

Pro měření byly zakoupeny světelné zdroje od firem Osram, Philips, Megaman, General Electric, Landlite a Phlight.

### 4.1. Popis měřených žárovek

Jednotlivá měření byla provedena na deseti úsporných žárovkách. Všechny světelné zdroje měly společnou patici E27, která je v domácnostech nejpoužívanější. Důležitým parametrem při výběru jednotlivých světelných zdrojů byl výkon, který se pohyboval od 18W do 20W a měl nahradit klasickou 100W žárovku.

Od tradičních výrobců Osram, Philips, General Electric a Megaman bylo zakoupeno po dvou úsporných žárovkách v odlišných cenových relacích. Jedna z žárovek byla vždy levnější a její cena se pohybovala kolem 140 Kč, druhá z žárovek byla dražší a stála přibližně 250 Kč. Pro porovnání byly zakoupeny levnější úsporné žárovky Landlite za 100 Kč a Phlight za 30 Kč.



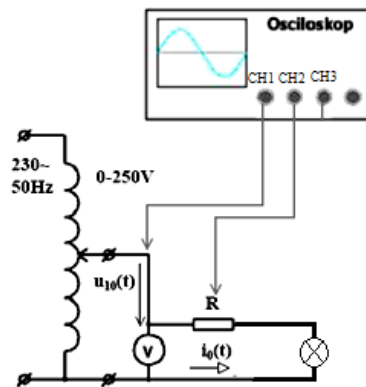
Obr. 33: Měřené žárovky



Obr. 34: Měřené žárovky

## 4.2. Popis měřicího pracoviště

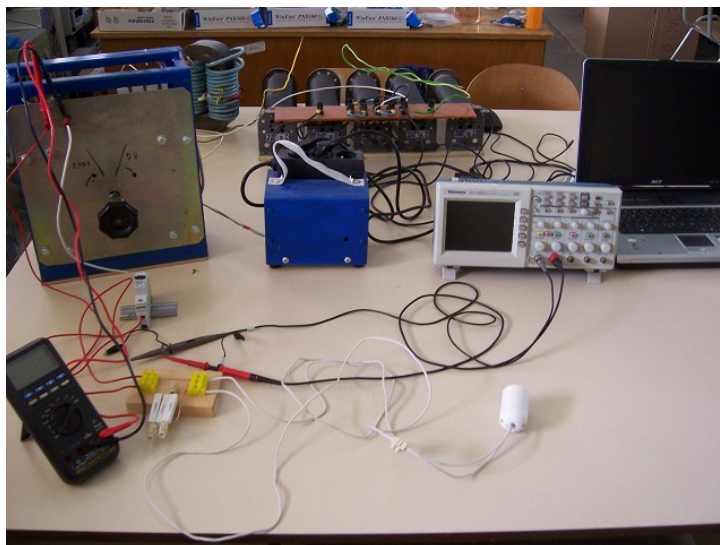
Pro samotné měření vlivu vybraných úsporných žárovek na napájecí síť bylo připraveno v laboratoři měřicí pracoviště, jehož blokové schéma je na obr. 35. K tomuto pracovišti se postupně připojovaly jednotlivé úsporné žárovky a snímán se průběh napětí a proudu pomocí osciloskopu.



Obr. 35: Blokové schéma měřicího pracoviště

Zařízení použitá na měřícím pracovišti:

- Napájecí zdroj
- Osciloskop TEKTRONIX TDS 2024
- Multimetr METEX M-3850
- Odpor  $3 \times 0,3 \Omega \Rightarrow 1 \Omega$ , 2 W, uhlíkatý
- Počítač
- Úsporné žárovky



Obr. 36: Měřicí pracoviště

### 4.3. Vlastní měření

Při měření jsem nejprve připojil úspornou žárovku k měřicímu obvodu a nastavil jsem na napájecím zdroji hodnotu napětí 230V. Poté jsem počkal 7minut, než žárovka naběhne do plného světelného výkonu a změřil jsem velikost napětí a proudu v obvodu.

Měření jsem opakoval pro hodnoty napětí 100V, 150V, 207V a 253V. Při každé změně napětí jsem vždy čekal 7 minut, než se ustálí světelný výkon.

Svůj čas náběhu světelných zdrojů do plného výkonu jsem stanovil na základě informací od výrobců. U nich byl tento čas u jednotlivých úsporných žárovek od 1 do 6 minut. 1 minuta navíc měla zajistit správné měření u všech žárovek, které jsem zkoumal.

Měření napětí a proudu jsem prováděl pomocí osciloskopu Tektronix, který byl rozhraním GPIB připojen k počítači. Hodnoty jsem zaznamenával sondami CH1 a CH2.

Sondy osciloskopu	Rozsah sond
CH1 - napětí	CH1 – 100:1
CH2 - proud	CH2 – 1:1

Změřené hodnoty z osciloskopu jsem v počítači pomocí programu WaveStar převedl do textového formátu csv a importoval do Microsoft Exel. V tomto programu jsem data dále zpracovával a upravoval.

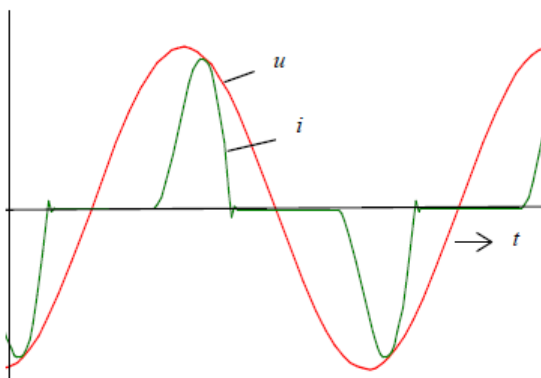
Měření proběhlo v laboratoři H204 katedry elektroenergetiky dne 31.3.2011. Po měření následovalo velmi náročné a časově zdlouhavé zpracovávání naměřených informací, které jsem nakonec přenesl i do mnoha grafů.

### 4.4. Teoretický rozbor

Elektrická zařízení se dělí do dvou základních skupin: lineární a nelineární.

Nelineární elektrická zařízení, mezi která patří i úsporné žárovky s elektronickým předřadníkem, po připojení na napájecí síť odebírají ze sítě proud zkreslený (obr. 37) a tím deformují i napájecí napětí. Je to dáno tím, že základní součástí nelineárních zařízení jsou polovodičové měniče. Tyto měniče musí být napájeny stejnosměrným napětím. Toto napájení zajišťuje stejnosměrný meziobvod, který je složen z můstkového usměrňovače a vyhlazovacího kondenzátoru. Šířka zkreslení proudu je pak určena otevřením usměrňovače závislého na vyhlazovacím kondenzátoru a proudu odebíraného zátěží. Tato elektrická zařízení mají tedy negativní vliv na napájecí síť a mohou ovlivňovat i zařízení k této síti připojené.





Obr. 37: Časový průběh proudu odebíraného ze sítě úspornou žárovkou

## 4.5. Naměřené hodnoty

### a) Efektivní hodnota proudu

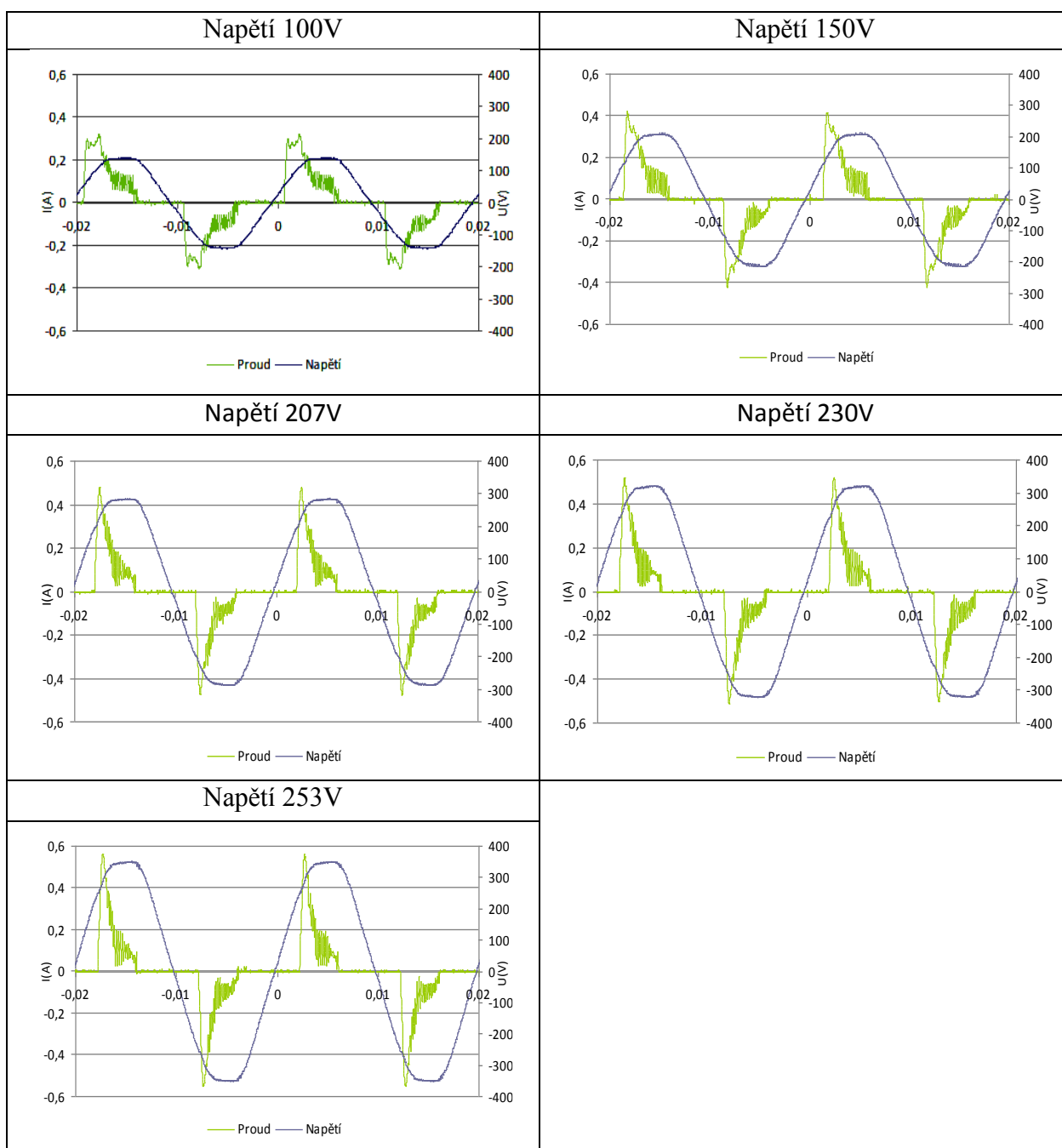
V tabulce 11 jsou uvedeny hodnoty efektivního proudu jednotlivých žárovek pro napětí 230V. V levém sloupci jsou hodnoty od výrobce a v pravém výsledky mého měření.

Tab.č.11: Efektivní hodnota proudu

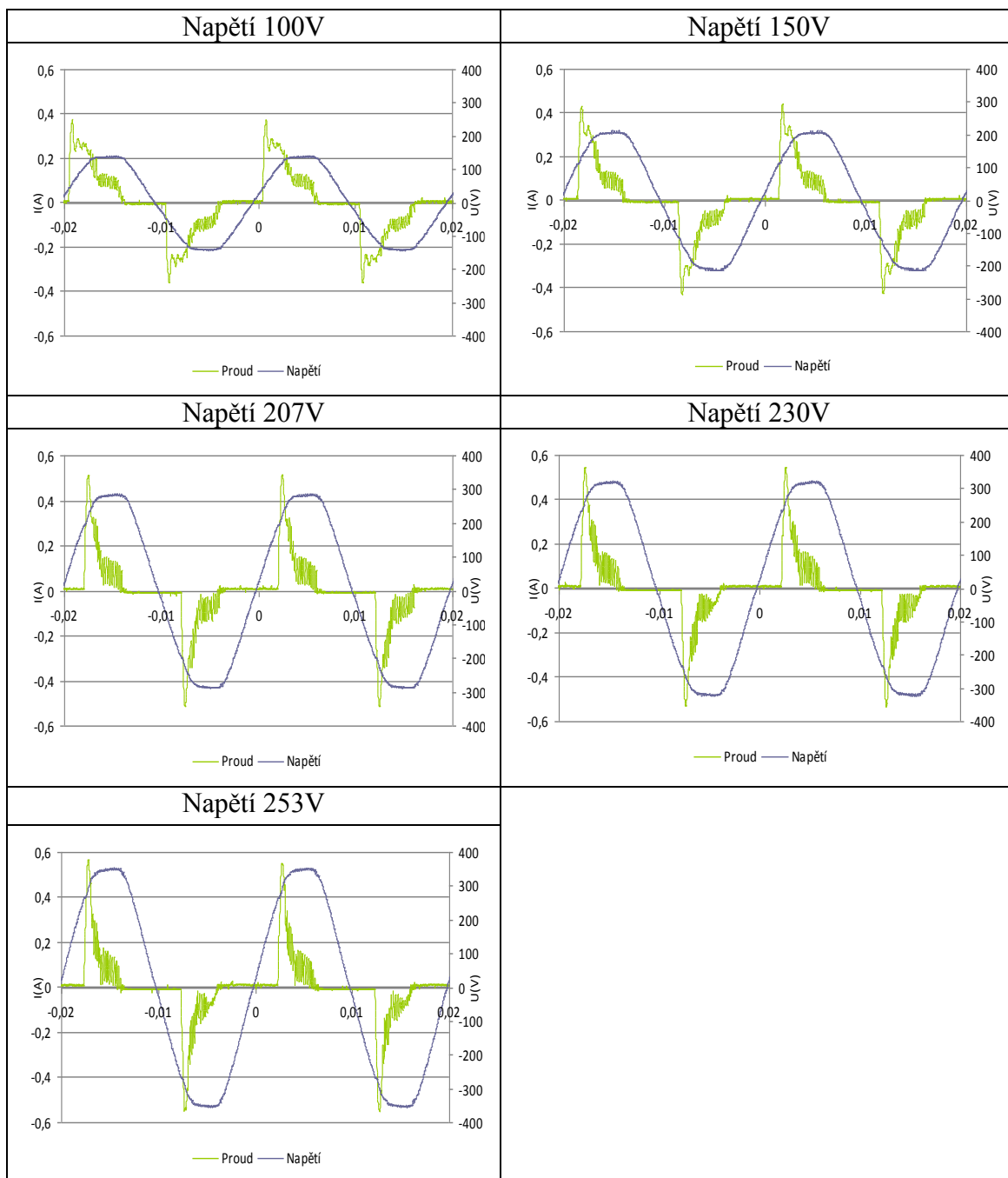
Osram 3U – 20W		Osram spiral – 18W	
Uvedeno výrobcem	Změřeno	Uvedeno výrobcem	Změřeno
170mA	148mA	160mA	141mA
Philips spiral – 20W		Philips 4U – 18W	
Uvedeno výrobcem	Změřeno	Uvedeno výrobcem	Změřeno
150mA	151mA	130mA	135mA
Megaman liliput – 20W		Megaman spiral – 20W	
Uvedeno výrobcem	Změřeno	Uvedeno výrobcem	Změřeno
-	145mA	174mA	152mA
General Electric 3U – 20W		General Electric spiral – 20W	
Uvedeno výrobcem	Změřeno	Uvedeno výrobcem	Změřeno
-	144mA	-	136mA
Landlite – 20W		Phlight – 20W	
Uvedeno výrobcem	Změřeno	Uvedeno výrobcem	Změřeno
-	125mA	-	55mA

**b) Časový průběh napětí a proudu jednotlivých žárovek**

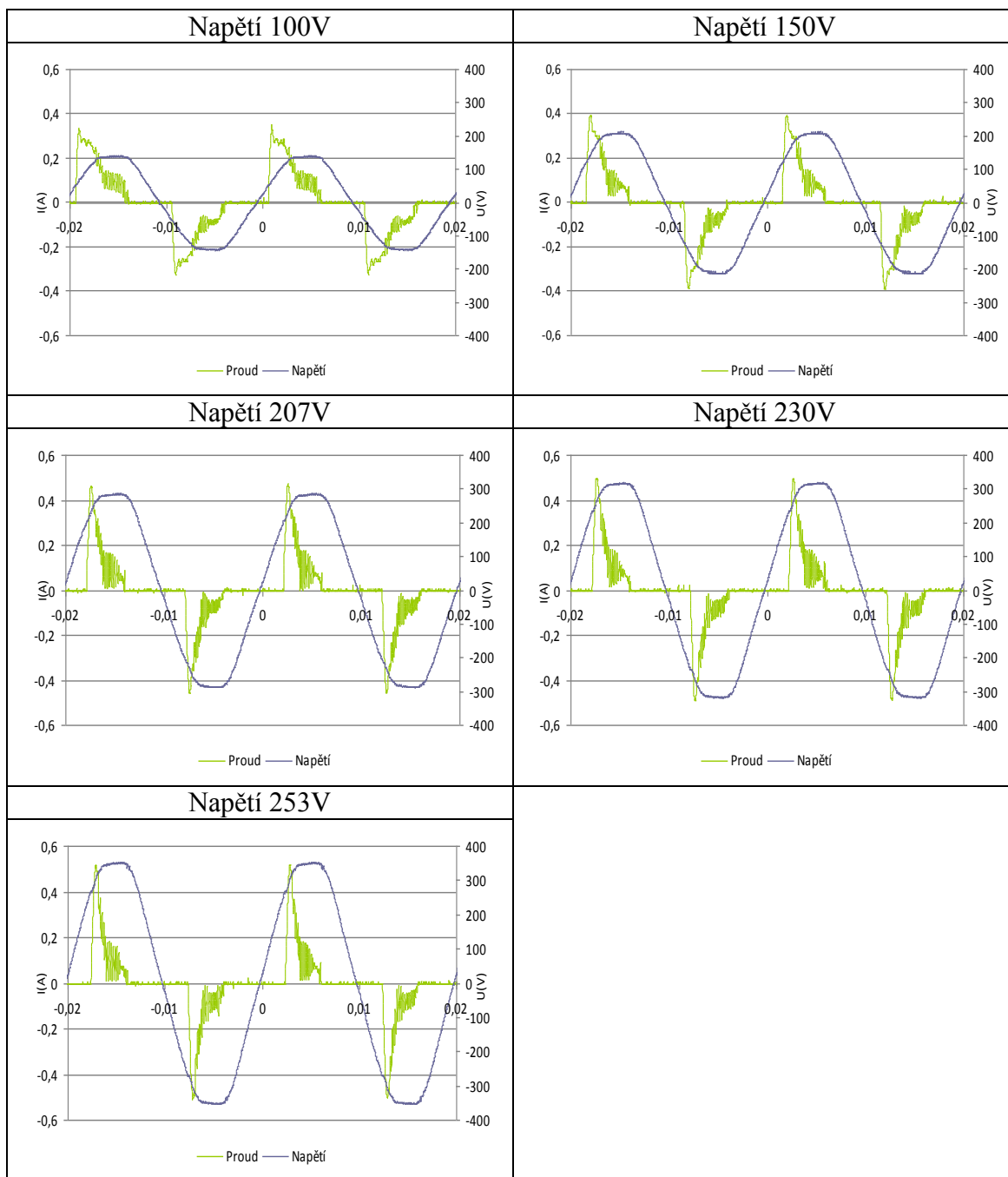
Úsporná žárovka Osram 3U



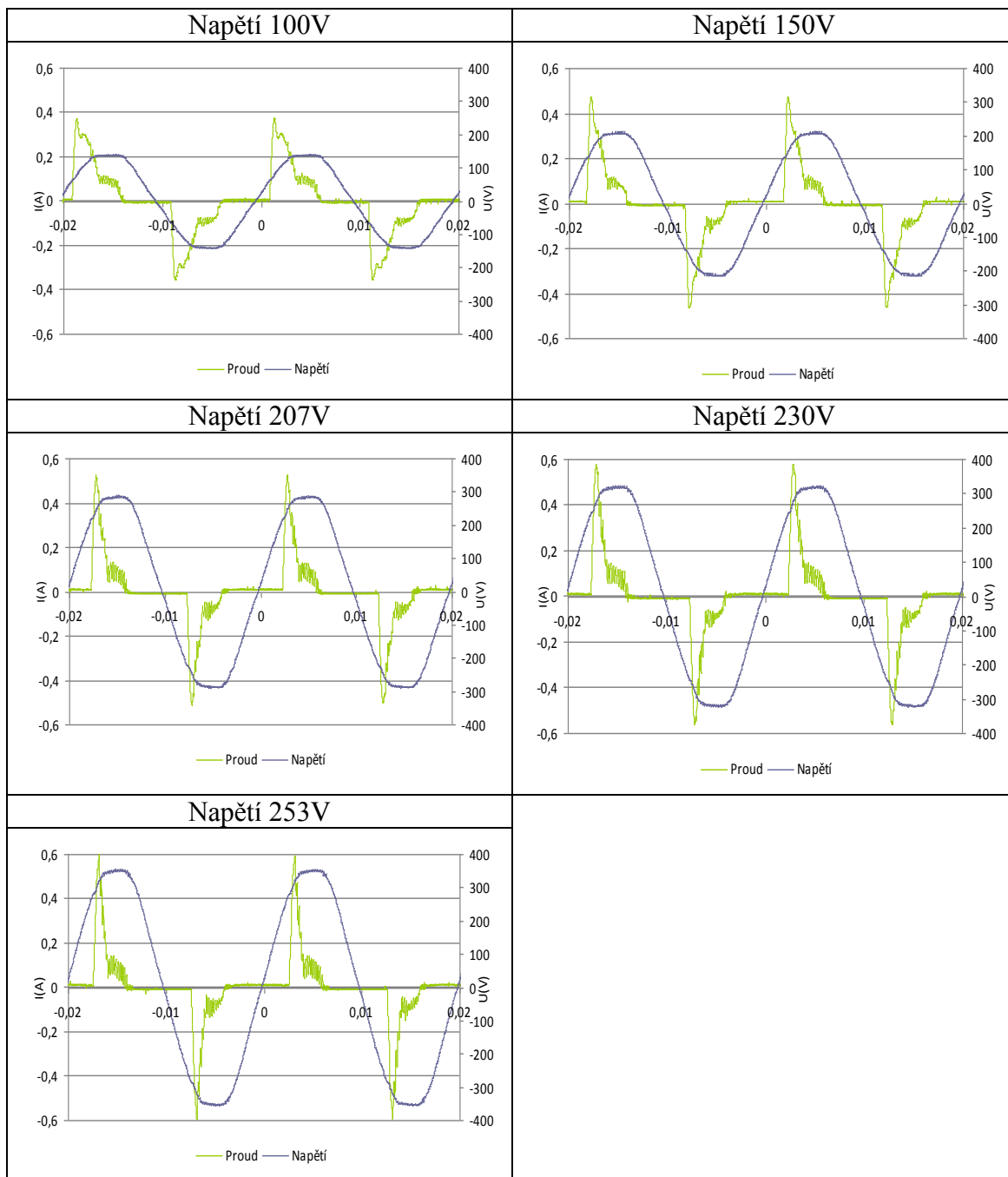
Úsporná žárovka Osram spiral



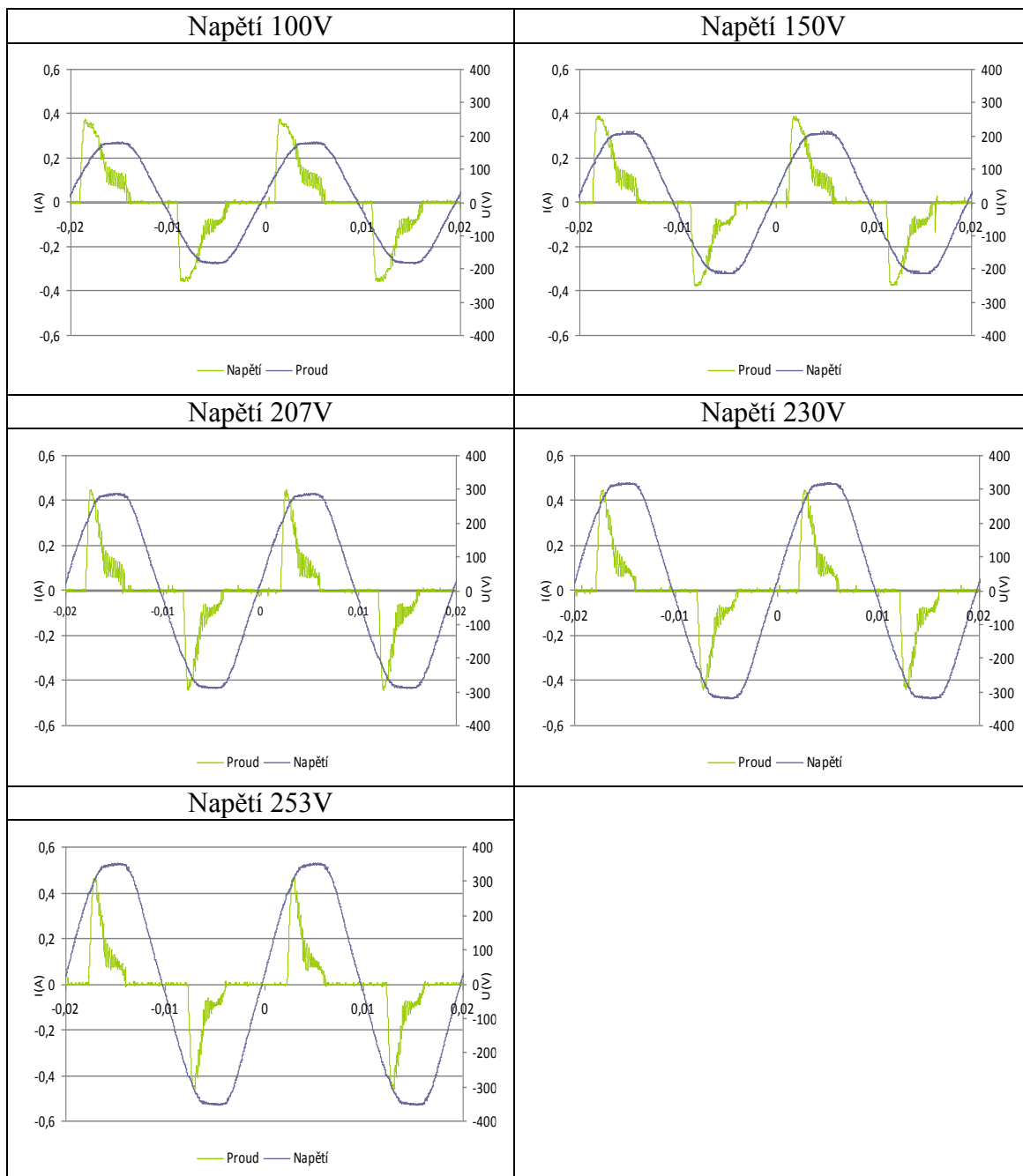
Úsporná žárovka Philips 4U



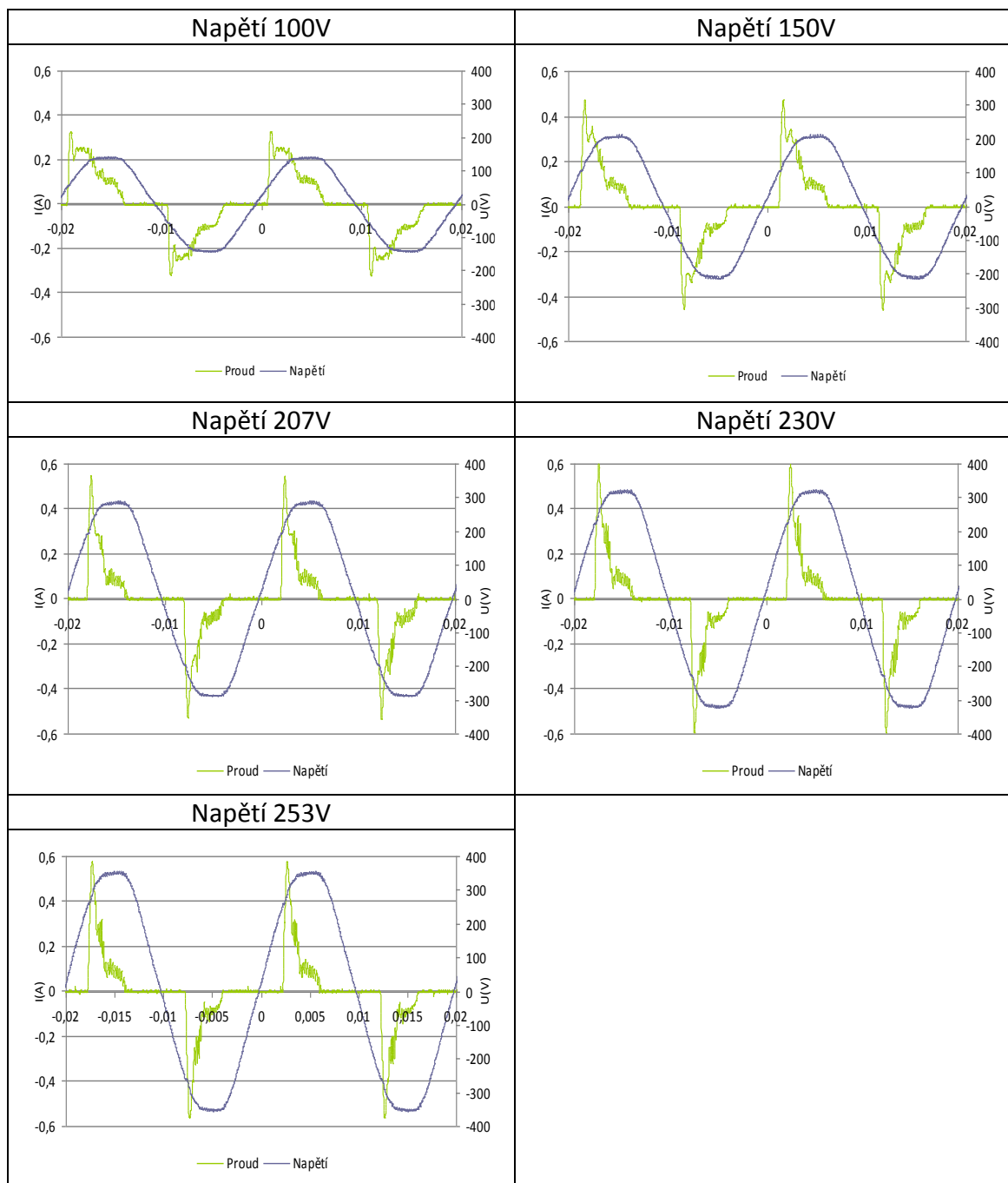
Úsporná žárovka Philips spiral



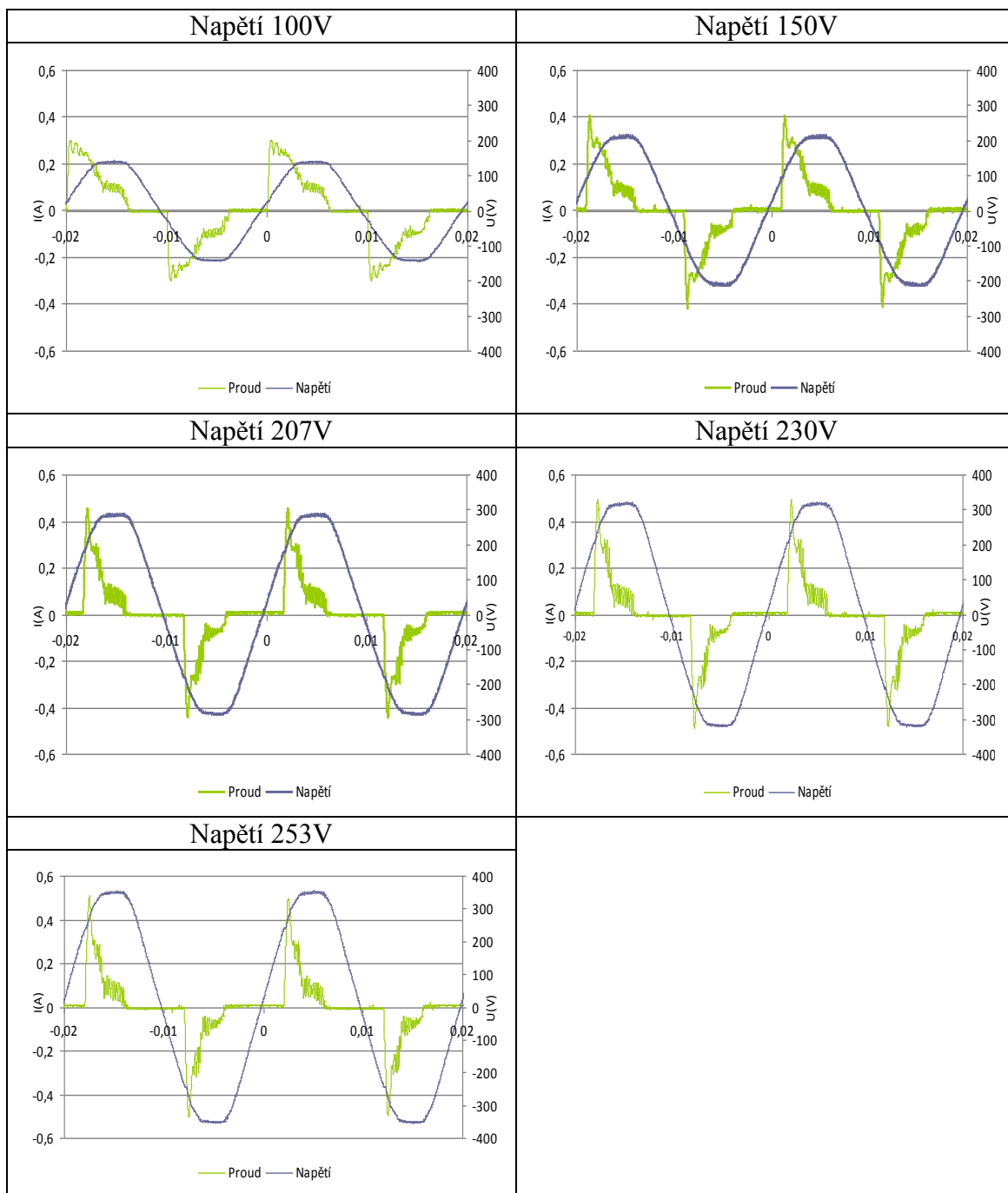
Úsporná žárovka Megaman liliput



Úsporná žárovka Megaman spiral

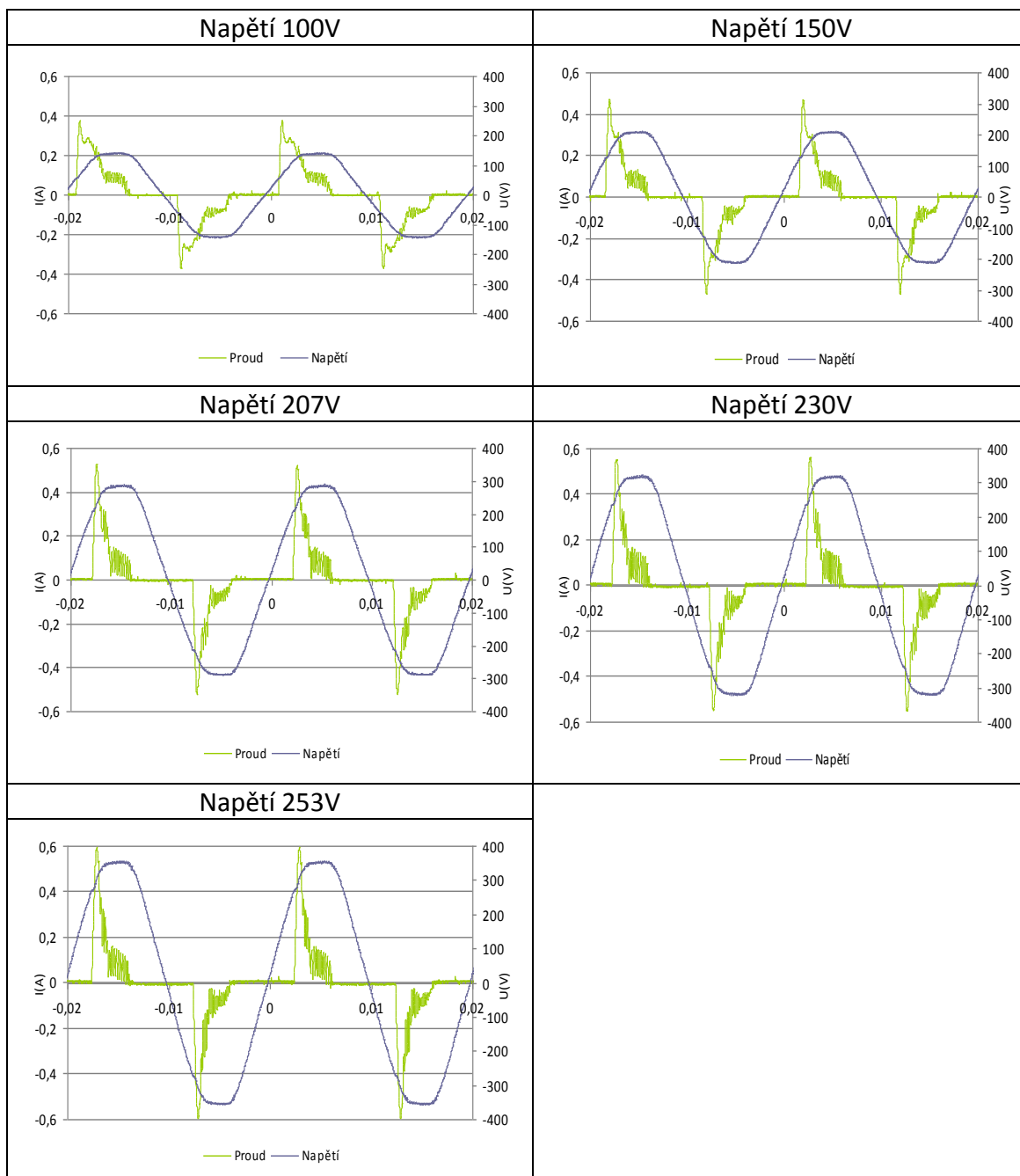


Úsporná žárovka General Electric spiral

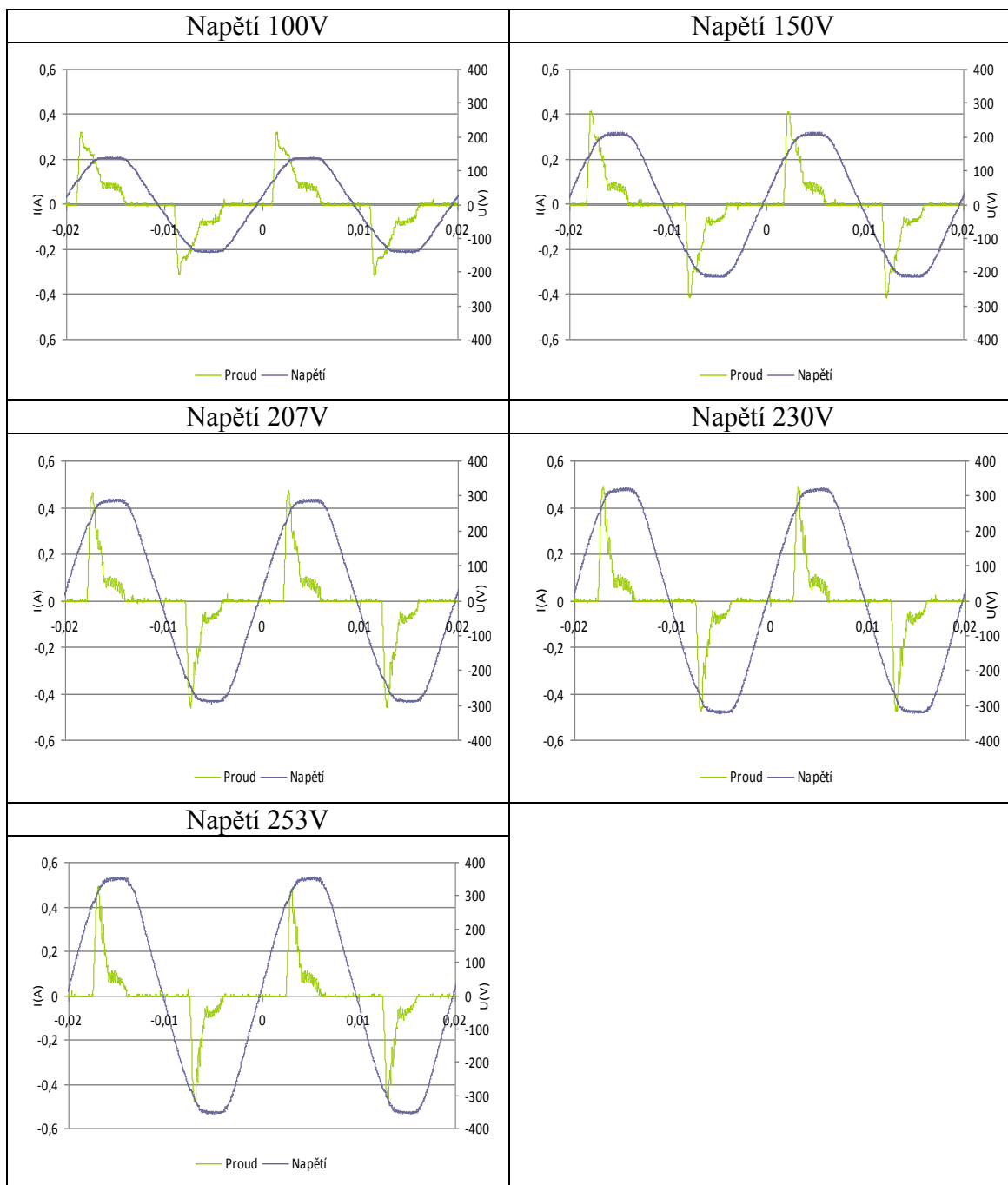




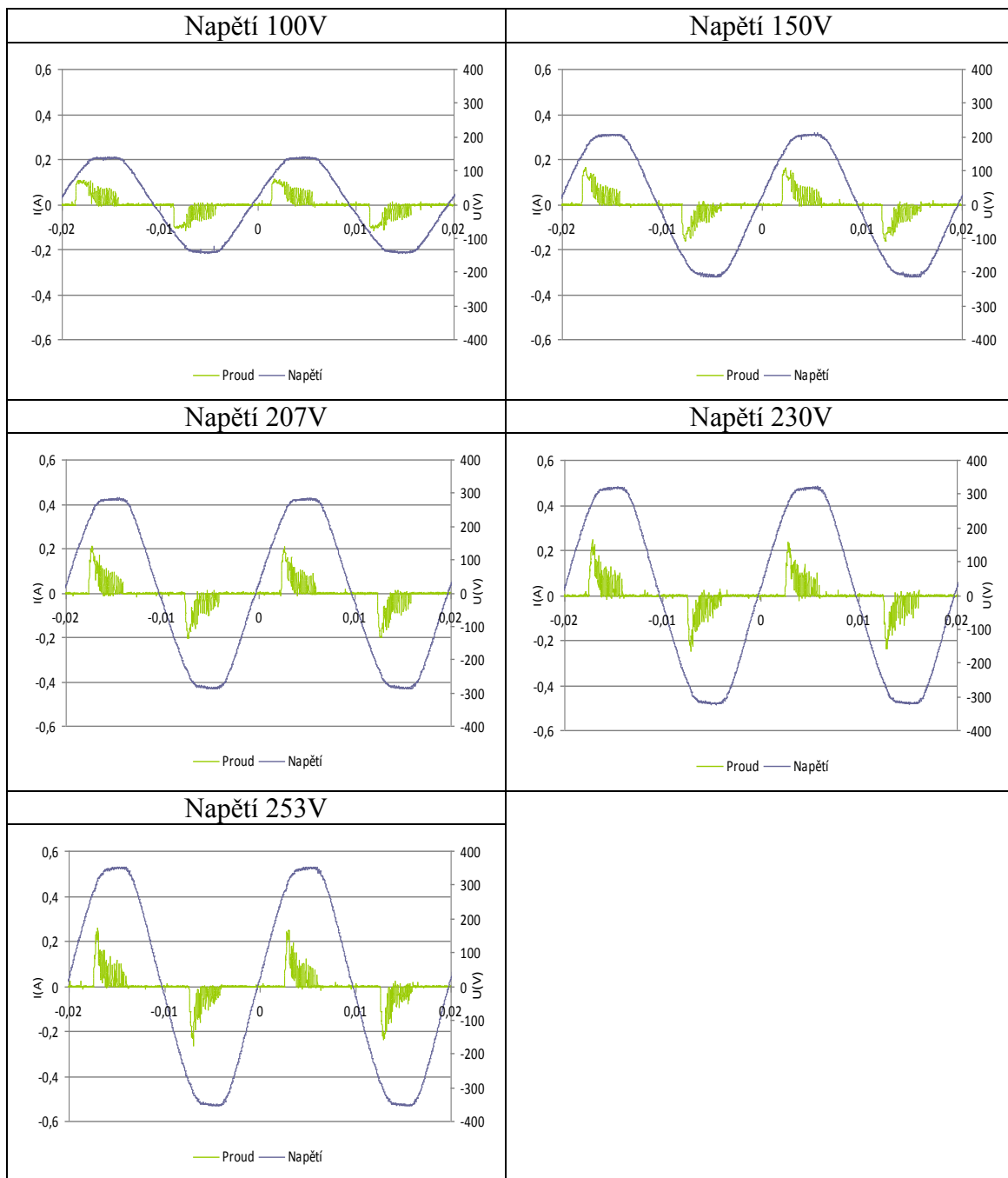
Úsporná žárovka General Electric 3U



Úsporná žárovka Landlite

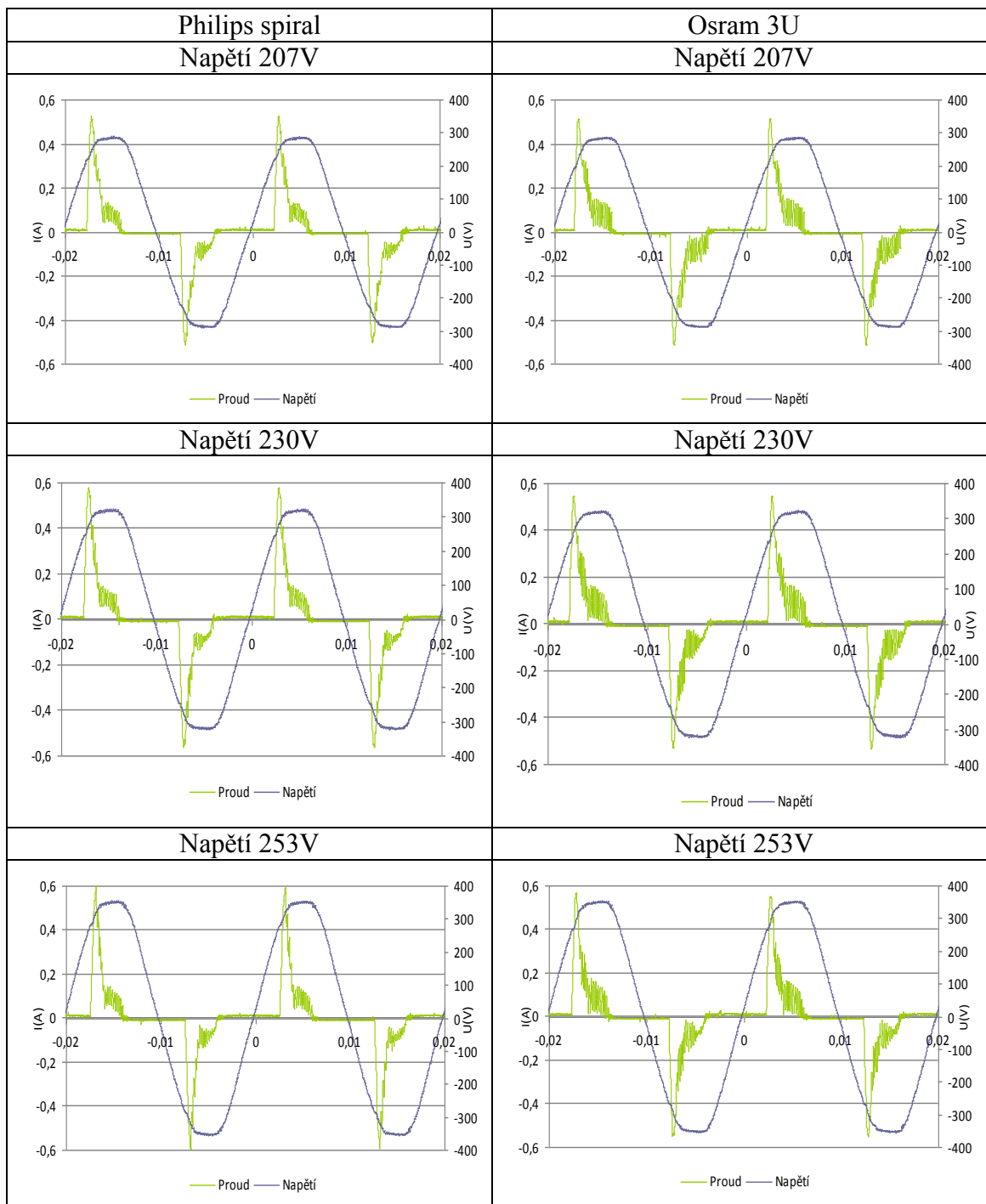


Úsporná žárovka Phlight

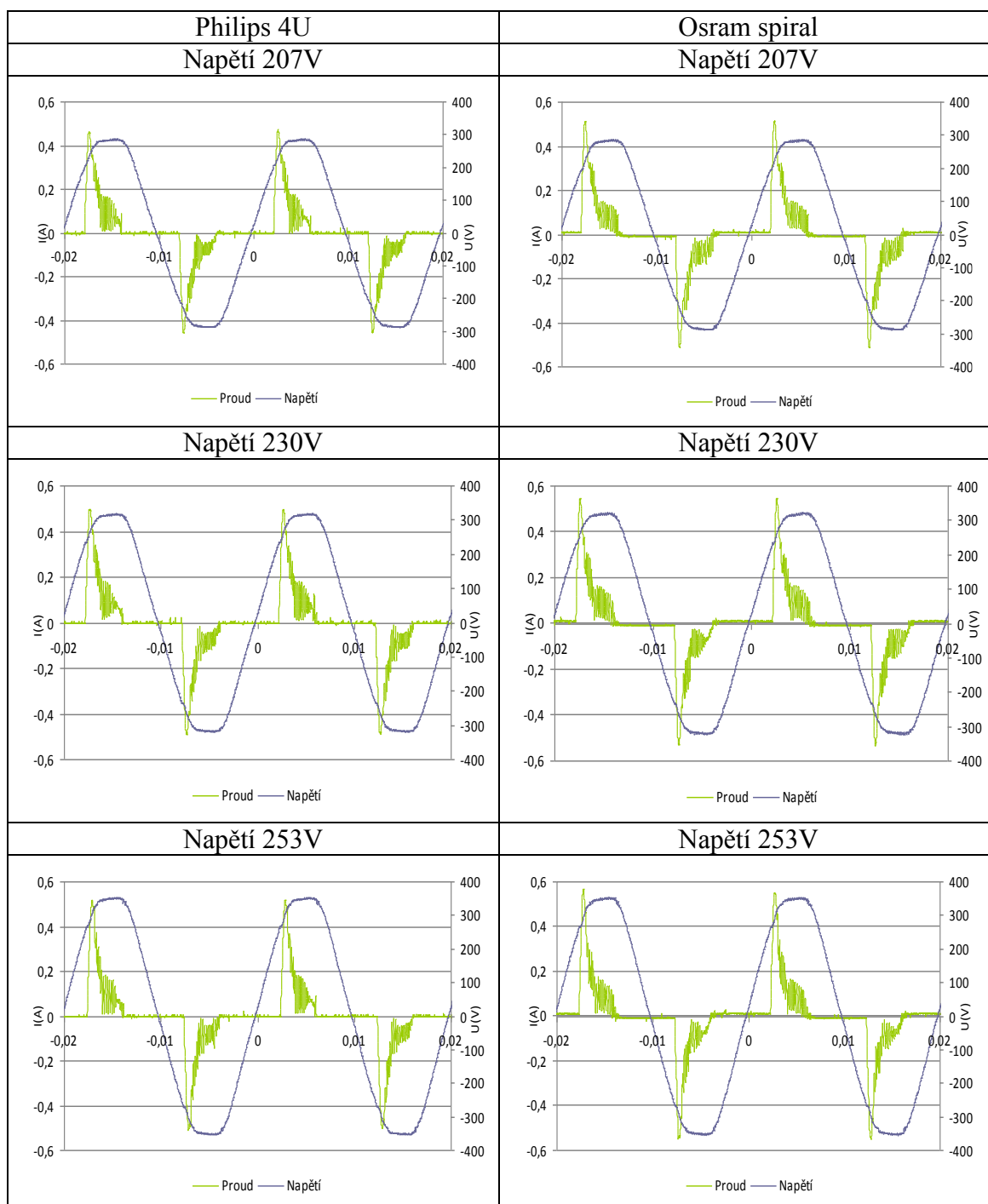


**c) Porovnání výrobců**

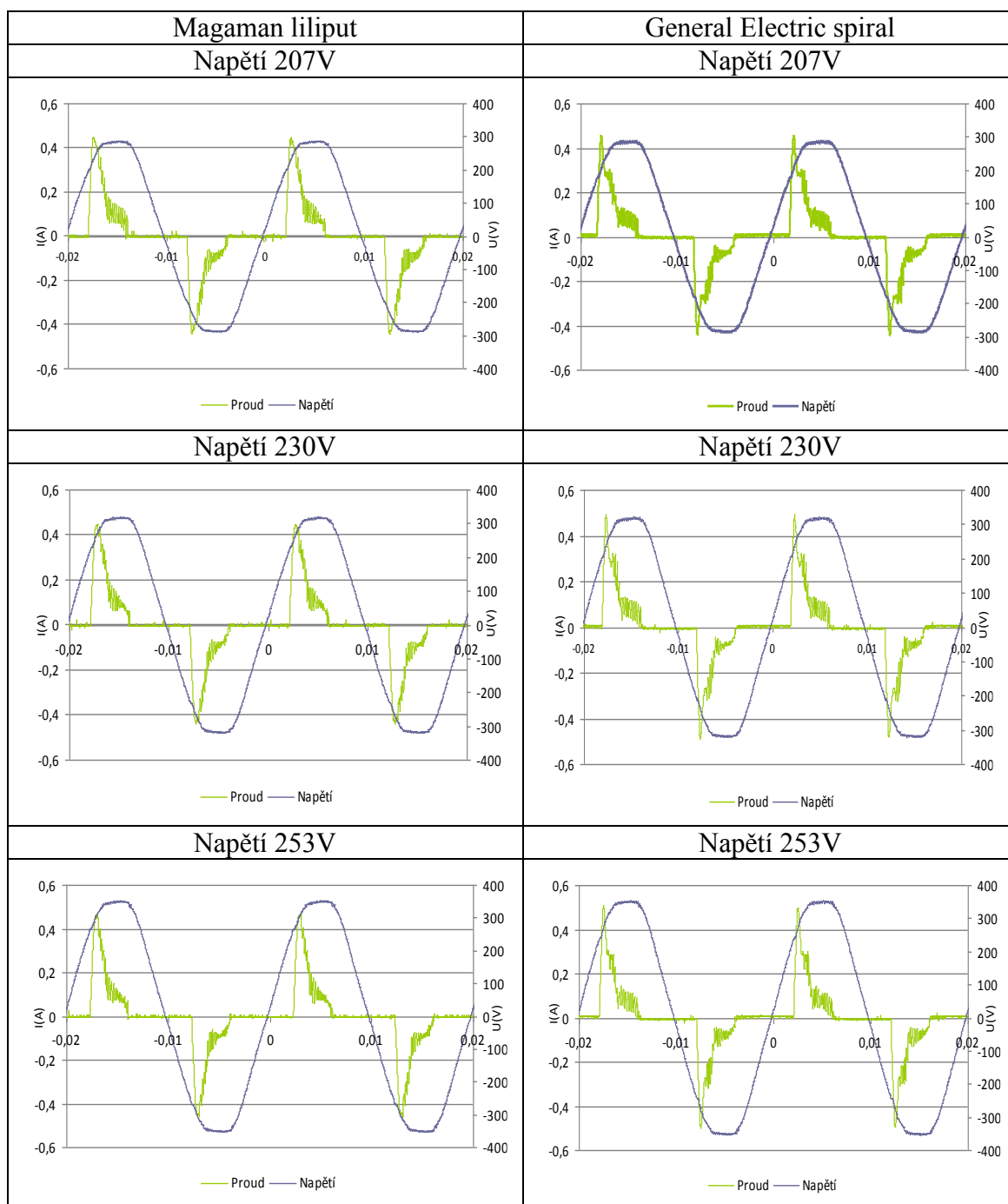
Úsporné žárovky Philips a Osram – 20W



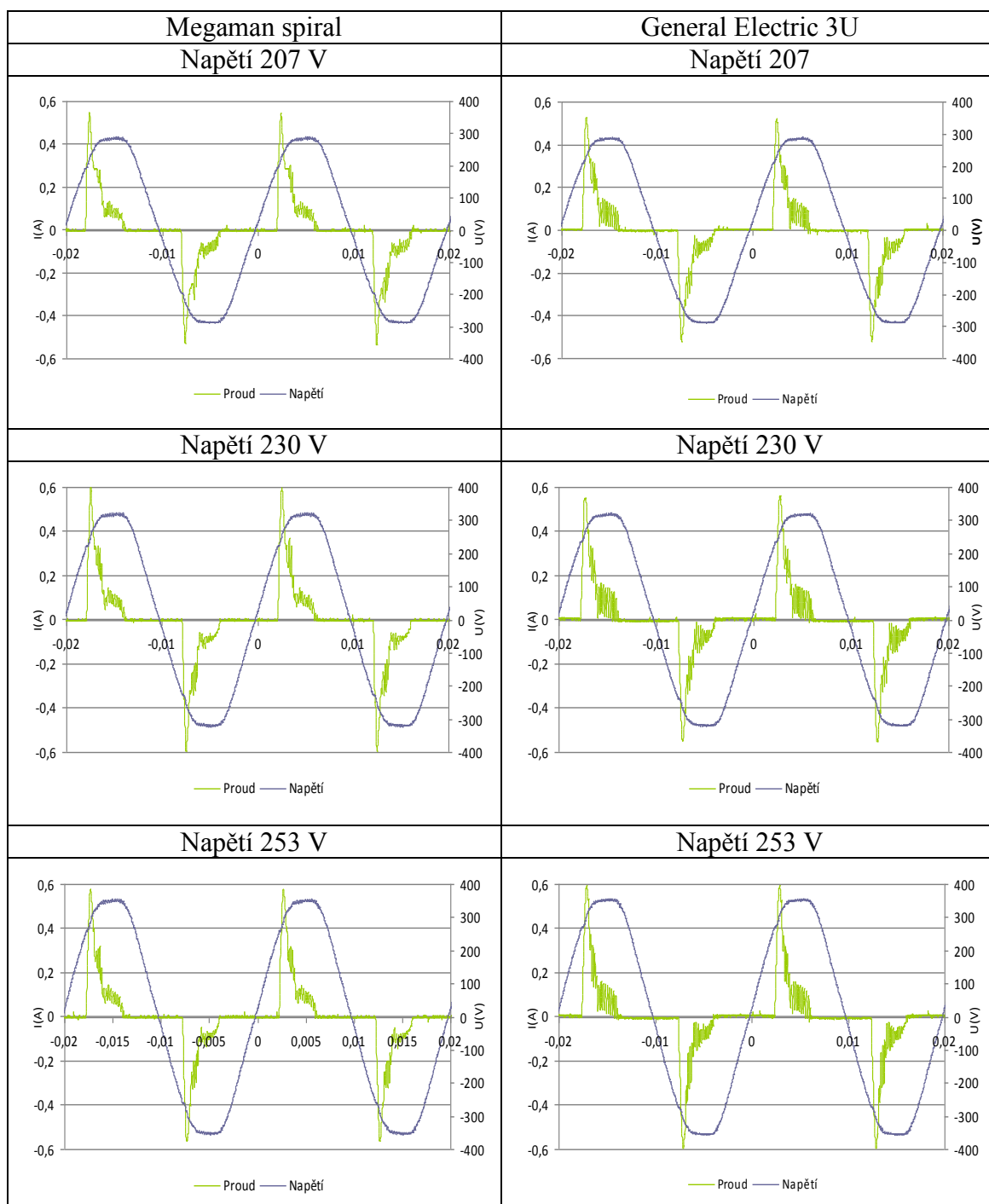
Úsporné žárovky Philips a Osram – 18W



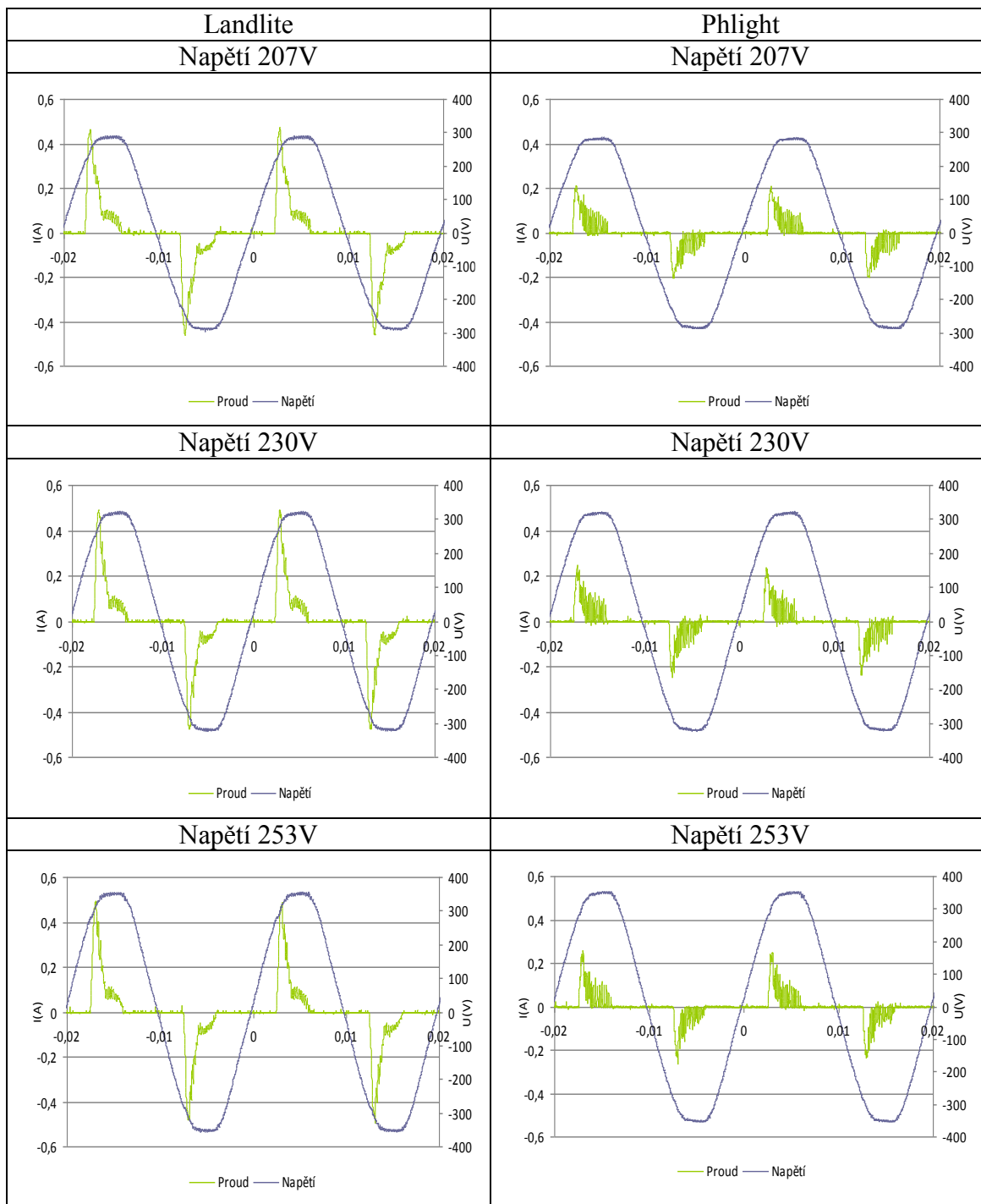
Úsporné žárovky Megaman a General Electric 20W dražší



Úsporné žárovky Megaman a General Electric – 20W

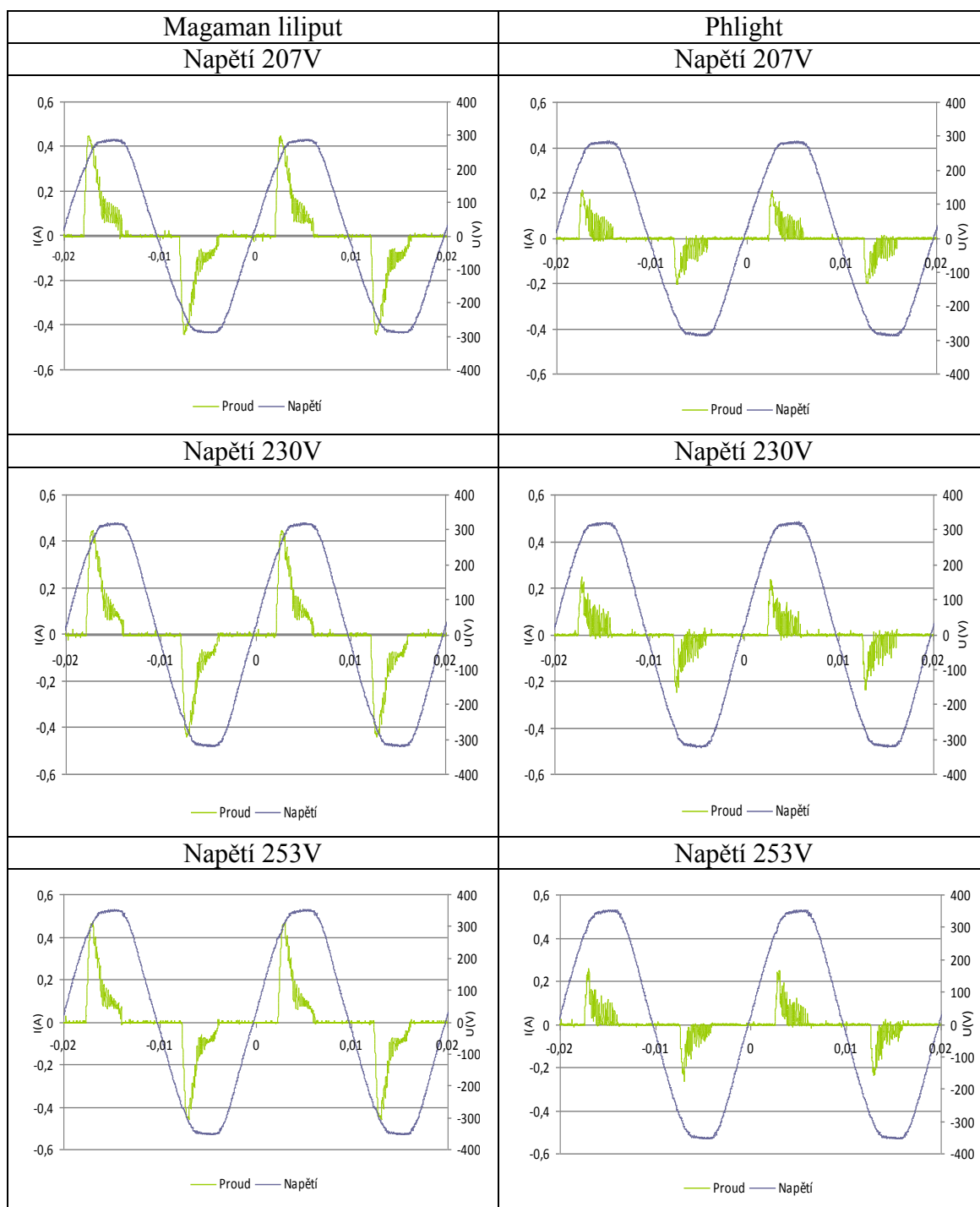


Úsporné žárovky Phlight a Landlite





Úsporné žárovky Megaman liliput a Phlight



## 5. Závěr

### Časový průběh proudu:

Z mých naměřených hodnot zpracovaných v grafech je parné, že časový průběh proudu úsporných žárovek je značně zkreslený. Je to z důvodu elektronických předřadníků úsporných žárovek, které obsahují polovodičové měniče. Z hlediska energetiky by bylo optimální, aby průběh proudu byl stejně jako průběh napětí sinusový. Jelikož je proud zkreslený, může v napájecí síti způsobovat značné problémy, např. poruchy a rušení zařízení připojených k síti (osobní počítač) nebo nadměrné zahřívání a zatěžování vodičů.

Je zřejmé, že při používání jedné úsporné žárovky v domácnosti nebude docházet výrazným způsobem k ovlivňování kvality elektrické energie. Toto zhoršování kvality se projeví teprve u celých komplexů budov osvětlených úspornými žárovkami, kde se může osvětlení podílet až 60% na celkové spotřebě elektrické energie.

Existují možnosti, jak příznivě ovlivnit průběh proudu, který prochází úspornou žárovkou. Jsou to například PFC obvody tzv. nízkofrekvenční pasivní filtry. Tato zařízení mohou být zapojeny v obvodu elektronického předřadníku a značně tak zlepšit průběh proudu. Základní nevýhodou tohoto i jiných zařízení je ekonomické hledisko - tento obvod zvyšuje cenu úsporné žárovky.

### Porovnání úsporných žárovek:

Ve své práci porovnávám úsporné žárovky Osram a Philips, které patří v České republice k nejprodávanějším produktům a jsou si i cenově shodné. Dále hodnotím světelné zdroje Megaman a General Electric, které jsou dražší a prodávají se u nás méně. Nakonec se zabývám úspornými žárovkami Landlite a Phlight, které jsou velmi levné. Průběhy proudu porovnávám u velikosti napájecího napětí 207V, 230V a 253V

U žárovek Osram a Philips s výkonem 20W je průběh proudu úsporných žárovek shodný a jeho maximální hodnota dosahuje 0,55A až 0,6A. U žárovek s výkonem 18W je proud nižší, kolem hodnoty 0,5A až 0,55A a jeho průběh je opět u obou značek velmi podobný.

Z grafů světelných zdrojů Megaman a General Electric s výkonem 20W je patrné, že průběhy proudu jsou také velmi podobné u obou výrobců a jejich maximální hodnota je 0,45A u kvalitnějších žárovek a 0,55A až 0,59A u levnějších úsporných žárovek.

Posledním porovnávaným typem jsou firmy Landlite a Phlight. Úsporná žárovka Landlite má maximální hodnotu proudu odebíraného ze sítě 0,42A a to je dvakrát víc než mnohem levnější úsporná žárovka Phlight. Její maximální hodnota proudu dosahuje 0,2A. Z důvodu velmi nízkého naměřeného proudu bylo ještě dodatečně provedeno orientační měření pomocí wattmetru. Z naměřených hodnot bylo zjištěno, že příkon úsporné žárovky byl 8,5W místo výrobcem uváděných 20W.

Efektivní hodnota proudu:

Naměřené hodnoty okamžitého průběhu proudu jsem pomocí programu excel převedl na efektivní hodnoty. V tabulce č. 11 pak porovnávám naměřené veličiny s hodnotami uvedenými výrobcem.

U úsporných žárovek Osram a Megaman liliput je výrobcem udávaná hodnota efektivního proudu o 20mA vyšší než hodnota proudu, kterou jsem změřil. U žárovek Philips se efektivní hodnoty proudů jak naměřených, tak výrobcem udávaných shodují. Ostatní výrobci tento parametr neudávají. Pro orientaci je však uvedena alespoň hodnota naměřená.

## 6. Seznam použité literatury

- [1] Habel, J. : Světelná technika a osvětlování. FCC Public, Praha 1995.
- [2] DVOŘÁČEK, V.: Světelné zdroje – Obyčejné žárovky. Světlo, 2008, č. 4, s. 38.
- [3] DVOŘÁČEK, V.: Světelné zdroje – Halogenové žárovky. Světlo, 2008, č. 5, s. 56.
- [4] Nové značení světelných zdrojů [cit. 03-03-2011]. Dostupný na WWW:  
<http://www.tvujdum.cz/finance-pravo/svetlo-v-novych-obalech.aspx>
- [5] DVOŘÁČEK, V.: Světelné zdroje – Vysokotlaké sodíkové výbojky. Světlo, 2009, č. 3, s. 40.
- [6] DVOŘÁČEK, V.: Světelné zdroje – Vysokotlaké rtuťové výbojky, směšové výbojky. Světlo, 2008, č. 6, s. 56.
- [7] Hubeňák, Josef: *Fyzika a technika*, Gaudeamus, Hradec Králové 1996. [cit. 15-02-2011]  
Dostupný na WWW.  
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1%C5%99ivka>
- [8] Světelné zdroje LED [cit. 01-03-2011]. Dostupné na WWW:  
<http://www.ledkovezarovky.cz/>
- [9] Úsporné žárovky [cit. 01-03-2011]. Dostupné na WWW:  
<http://www.pavouk.org/hw/lamp/>
- [10] Firemní katalog Osram. [cit. 02-03-2011]. Dostupný na WWW:  
[http://www.osram.cz/osram\\_cz/KATALOG/index.html](http://www.osram.cz/osram_cz/KATALOG/index.html)
- [11] Firemní katalog Philips. [cit. 02-03-2011]. Dostupný na WWW:  
<http://www.ecat.lighting.philips.com>
- [12] Firemní katalog General Electric. [cit. 02-03-2011]. Dostupný na WWW:  
<http://www.gelighting.com/eu/>
- [13] Firemní katalog Megaman. [cit. 02-03-2011]. Dostupný na WWW:  
<http://www.megaman.cc/>
- [14] Firemní katalog Landlite. [cit. 02-03-2011]. Dostupný na WWW:  
<http://www.landlite.com/>
- [15] Firemní katalog Phlight.[cit. 02-03-2011]. Dostupný na WWW:  
<http://www.ph58.com/>

## **Seznam příloh:**

Příloha DVD obsahuje:

- I. Vlastní bakalářskou práci ve formátu pdf
- II. Katalogy použité v bakalářské práci
- III. Fotodokumentace pracoviště a měřených úsporných žárovek
- IV. Naměřené hodnoty, grafické zpracování
- V. Výpočet efektivní hodnoty